

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОСИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ»
(СГУГиТ)

XI Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

Международная научная конференция

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ, МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ГЕОЭКОЛОГИЯ

Т. 2

Сборник материалов

Новосибирск
СГУГиТ
2015

УДК 502:528.7
С26

Ответственные за выпуск:

Доктор технических наук, профессор, профессор-консультант кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. П. Гук

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией математического моделирования процессов в атмосфере и гидросфере Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

В. И. Кузин

Кандидат технических наук, директор ООО «СИБ-ГЕО-МАР», доцент кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. В. Комиссаров

Кандидат технических наук, доцент,
руководитель отдела аспирантуры СГУГиТ, Новосибирск

Т. А. Широкова

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры физической геодезии и дистанционного зондирования СГУГиТ, Новосибирск

А. С. Гордиенко

С26 Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апреля 2015 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 273 с.

ISBN 978-5-87693-804-6 (т. 2)

ISBN 978-5-87693-801-5

ISBN 978-5-87693-795-7

В сборнике опубликованы материалы XI Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015», представленные на Международной научной конференции «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология».

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

Материалы публикуются в авторской редакции

УДК 502:528.7

ISBN 978-5-87693-804-6 (т. 2)

ISBN 978-5-87693-801-5

ISBN 978-5-87693-795-7

© СГУГиТ, 2015

ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ИВТ СО РАН

Владимир Андреевич Кихтенко

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник, тел. (383)334-91-90 * 1183, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Елена Александровна Мамаш

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, и. о. зав. лабораторией, тел. (383)334-91-77, e-mail: elenamamash@gmail.com

Валентин Валентинович Смирнов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, инженер-исследователь, тел. (383)334-91-08, e-mail: valentin.smirnov@gmail.com

Дмитрий Леонидович Чубаров

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

Описывается новая технология доступа к архивам спутниковых данных, основанная на виртуальной интеграции разнородных спутниковых снимков в реляционной базе данных, а также базирующаяся на ней инфраструктура для проведения научных исследований.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, база данных.

SCIENTIFIC RESEARCH INFRASTRUCTURE FOR EFFICIENT REMOTE SENSING DATA UTILIZATION IN ICT SB RAS

Vladimir A. Kikhtenko

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-90 * 1183, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Elena A. Mamash

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, Ph. D., Laboratory-Center of Monitoring of Social and Economic Processes and Environment, tel. (383)334-91-77, e-mail: elenamamash@gmail.com

Valentin V. Smirnov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-08, e-mail: valentin.smirnov@gmail.com

Dmitri L. Chubarov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

We introduce a new approach to querying archives of satellite remote sensing data using virtual data integration in relational database. We exploit this technology to create research infrastructure for remote sensing data studies in ICT SB RAS.

Key words: remote sensing, database.

Введение

В последние годы во всем мире интенсивно развиваются технологии прямого доступа к данным дистанционного зондирования и результатам их обработки. Проблема эффективного использования данных дистанционного зондирования осложняется их значительными объёмами, разнообразием форматов их хранения.

Традиционная схема работы с данными дистанционного зондирования Земли подразумевает выгрузку отдельных сцен из архивов и их подключение к геоинформационной системе (ГИС) в виде отдельных слоев. Такая схема обеспечивает возможности фильтрации и последующей визуализации данных в виде наборов тематических слоев, однако, возможности применения более сложных функций, таких как функции трансформации и пространственной агрегации данных ограничены. В результате работа с данными, имеющими не только пространственное, но и временное распределение, затруднена, а к их числу, в частности, относятся все материалы, производимые системами спутникового мониторинга.

Одним из возможных путей преодоления этого ограничения является виртуальная интеграция представленных в архиве данных в реляционной базе данных. Такой подход реализован в разрабатываемой в ИВТ СО РАН системе hVault. Обеспечивая для конечного пользователя абстракцию исходных данных, разработанная система позволяет производить поиск информации, последующее ее извлечение, фильтрацию, агрегацию и сохранение результатов в форматах, используемых в ГИС, для последующей обработки. Генерируемые системой новые наборы данных являются динамическими и могут создаваться многократно с различными вариациями без необходимости их сохранения. Использование такого механизма позволяет интегрировать большие объёмы разнородных данных, что в традиционных ГИС является сложной и ресурсоемкой задачей.

Извлечение и обработка данных

Для обработки и анализа геопространственных данных в ИВТ СО РАН используется программно-аппаратный комплекс на основе сетевой системы хранения Isilon и технологии отображения файлового архива в систему hVault, представляющую собой расширение PostgreSQL. Информационно-вычислительная инфраструктура состоит из нескольких взаимосвязанных блоков (рис. 1) и предоставляет функции доступа ко всему архиву спутниковых данных без привязки к отдельным сценам.

Изображенный в левой части рис. 1. блок комплекса приема и обработки отвечает за своевременное получение спутниковых данных и их обработку до уровня стандартных продуктов уровней L2 и L3. Исходные данные принимаются как непосредственно с космических аппаратов в режиме прямой передачи данных, что обеспечивает минимальные задержки от момента съемки до предоставления обработанных данных исследователю, так и загружаются из удалённых архивов, что расширяет спектр доступной информации для ретроспективных исследований.

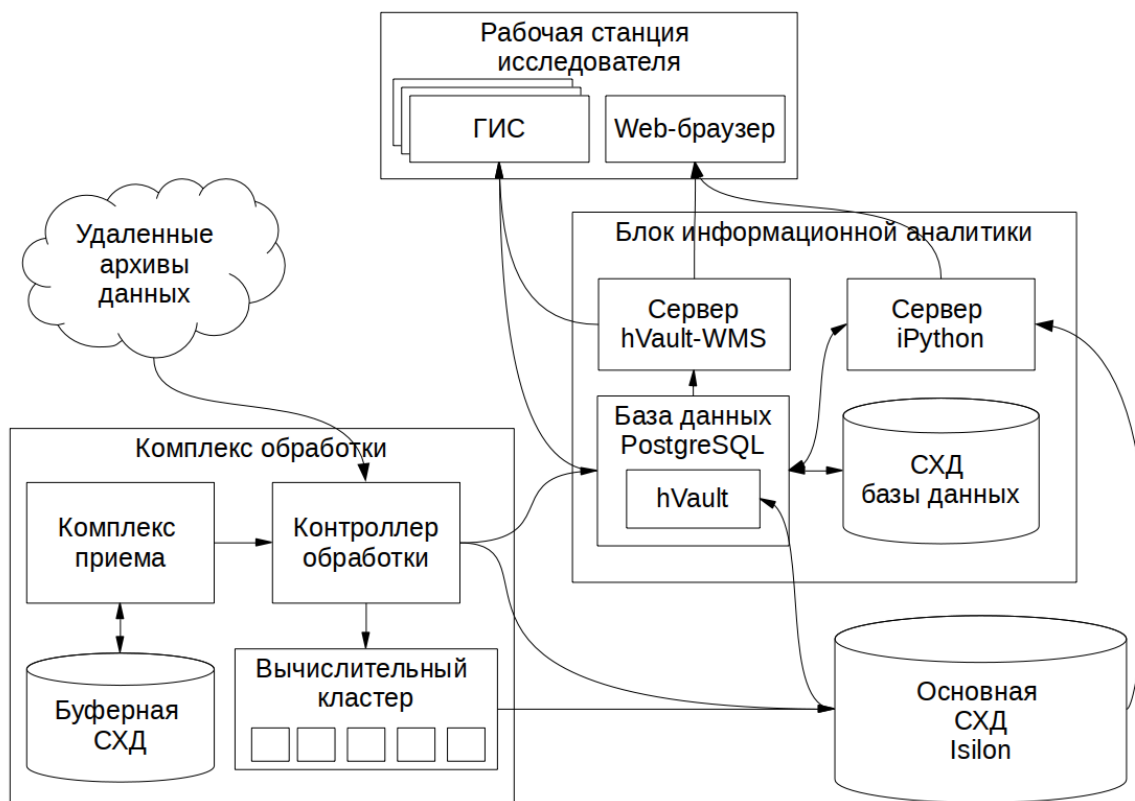


Рис. 1. Схема взаимодействия компонент информационно-вычислительной инфраструктуры

Процесс оперативной обработки управляется контроллером на основе системы управления потоковыми процессами Taverna Workbench. За счет представления процесса обработки в виде графа зависимостей по данным между отдельными модулями она автоматически обеспечивает параллельное выполнение обработки в распределенном режиме на узлах кластера, а также эффективную утилизацию пропускной способности систем хранения данных. Тем самым, обеспечивается получение стандартных продуктов глубокой обработки в режиме близком к реальному времени.

К настоящему моменту общий объем доступных данных составляет приблизительно 250 Тбайт и включает в себя продукты высоких уровней обработки MODIS, AIRS и NPP, снимки Landsat, а также метеорологические данные NCEP. Архив содержит ретроспективные данные с 2000 года и постоянно пополняется.

Блок информационной аналитики (рис. 1, правая сторона) предоставляет исследователям средства виртуальной интеграции разнородных данных, а также инструментарий для проведения ретроспективного анализа, статистической обработки и визуализации. В его основе лежит новая технология доступа к архиву спутниковых данных реализованная с использованием СУБД PostgreSQL с дополнительным модулем hVault для прямого доступа к файловому архиву геопространственной информации без необходимости предварительного копирования и преобразования формата данных для СУБД. Модуль hVault реализует прозрачное отображение файлового архива спутниковых снимков в виртуальные таблицы базы данных. Он позволяет выполнять произвольные SQL-запросы к данным файлового архива, при этом планировщик запросов оптимизирует их выполнение на основе доступных метаданных, а применяемые для выполнения вычислений алгоритмы предусматривают работу с объёмами информации превосходящими ёмкость оперативной памяти сервера СУБД.

Разработанную систему извлечения данных из архива спутниковых снимков можно сопоставить с такими системами как NASA Giovanni [1], Google Earth Engine [2] и европейским проектом TELEIOS [3]. Все они нацелены на предоставление доступа к большим объемам спутниковых снимков. Технология hVault в различных аспектах превосходит описанные системы. В ней нет ограничений на вид запросов к данным, так как поддерживаются произвольные SQL запросы в том числе с использованием хранимых процедур. Система hVault рассчитана на работу с произвольными пространственными данными без необходимости их предварительного преобразования и подготовки, что упрощает её развертывание для существующих архивов ДЗЗ.

Предоставление данных

Для предоставления доступа широкому кругу исследователей к архивам спутниковых данных широко используются геопорталы, информационные ресурсы, основанные на веб-технологиях и стандартизированных протоколах взаимодействия с архивами. Первоначально протоколы взаимодействия между архивами и геопорталами строились на основе представления архива как коллекции отдельных сцен, снимков некоторой области пространства, выполненных в определенный момент времени. Дальнейшее развитие технологии позволило перейти от коллекций сцен к пространственным покрытиям. Для этого коллекции заранее преобразовались к виду, оптимизированному для отображения в геопорталах. Ограничением этого подхода является его необходимость заранее определить метод представления многомерного массива спутниковых измерений в виде двумерного покрытия.

Потребности публикации данных для широкого круга пользователей в рамках геопортала требуют обеспечения быстрого отклика на однотипные запросы. Для решения этой задачи предложен подход, основанный на стандартизированных протоколах для подключения hVault в качестве источника данных для геопортала. В рамках предлагаемого подхода результаты выполнения заранее сформированных SQL-запросов предоставляются как WMS и WCS слои,

которые могут быть трансформированы с учётом дескрипторов SLD и скомплексированы с другими слоями для публикации в рамках геопорталов средствами современных универсальных WMS-серверов. Ключевым элементом предложенного подхода является специализированный WMS-сервер hVault-WMS.

Сервер hVault-WMS обеспечивает представление результатов любого заранее сформированного SQL-запроса в виде географически привязанных изображений по стандартному протоколу WMS. Использование SQL-запросов позволяет организовать произвольную обработку исходных данных ядром СУБД в момент выполнения запроса пользователя, например мультиплексирование спектральных каналов изображения или расчет попиксельных индексов.

Заключение

Разработанная информационно-вычислительная инфраструктура для работы с данными дистанционного зондирования Земли предоставляет исследователю широкий ассортимент инструментов для работы с данными. Использование стандартных протоколов взаимодействия между компонентами позволяет использовать существующий инструментарий для визуализации и обработки данных, в том числе такие свободно распространяемые пакеты программ, как QGIS и GRASS GIS. Этот подход позволил отказаться от разработки полнофункциональных компонент ГИС системы и сосредоточиться на расширении ее функциональных возможностей за счет ее сопряжения с сервисами системы интеллектуального извлечения данных hVault. Также возможно использование такого популярного среди научных работников интерактивного инструмента для совместной работы с данными, как iPython Notebook Server, основанного на языке программирования Python.

Разработанные технологические и инфраструктурные решения предоставляют уникальный механизм доступа к большим объемам разнородной пространственной информации для конечного потребителя. Практика опытной эксплуатации компонент разработанной инфраструктуры показала высокую эффективность используемых технологий извлечения, обработки и анализа информации при решении конкретных тематических задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. G. Acker and G. Leptoukh, "Online Analysis Enhances Use of NASA Earth Science Data", *Eos, Trans. AGU*, Vol. 88, No. 2 (9 January 2007).
2. Hansen et al., High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science* 342 (15 November): 850–53.
3. M. Koubarakis, TELEIOS: A Database-Powered Virtual Earth Observatory In Proceedings of International Conference on Very Large Data Bases 2012.
4. Ю.И. Шокин, Л.Б. Чубаров, Н.Н. Добрецов, В.А. Кихтенко, В.В. Смирнов, Д.Л. Чубаров "О распределенной инфраструктуре системы оперативного спутникового мониторинга ЦКП ДДЗ СО РАН" // *Вычислительные технологии*, 2013, т. 18, Специальный выпуск, С. 79-87.

© В. А. Кихтенко, Е. А. Мамаш, В. В. Смирнов, Д. Л. Чубаров, 2015

ИНТЕРНЕТ-ВЕРСИЯ ЭКСПЕРТНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ИМПАКТНЫМ СТРУКТУРАМ ЗЕМЛИ

Иван Иванович Амелин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник лаборатории математического моделирования волн цунами, тел. (913)910-58-01, e-mail: aii@omzg.sccc.ru

Вячеслав Константинович Гусяков

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, зав. лабораторией математического моделирования волн цунами, тел. (913)927-35-03, e-mail: gvk@omzg.sccc.ru

Павел Сергеевич Зиновьев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, инженер лаборатории математического моделирования волн цунами, тел. (913)948-46-51, e-mail: zps@omzg.sccc.ru

Зоя Андреевна Ляпидевская

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, ведущий программист лаборатории математического моделирования волн цунами, тел. (913)953-33-36, e-mail: zliapid@ngs.ru

Создана интернет-версия электронной базы данных по импактным структурам Земли включающая помимо достоверных импактных структур значительный объем данных о предполагаемых кратерах. Ресурс позволяет просматривать параметрическую, текстовую и графическую информацию, проводить аналитическую обработку данных (выборку и сортировку по заданным критериям), визуализировать структуры на поверхности Земли.

Ключевые слова: база данных, импактные структуры, сортировка, выборка, визуализация, Google Earth.

ININTERNET-VERSIYA OF THE EXPERT DATABASE ON IMPAKTNY STRUCTURES OF THE EARTH

Ivan I. Amelin

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentiev Ave, lab. mathematical modeling of tsunami waves junior researcher, tel. (913)910-58-01, e-mail: aii@omzg.sccc.ru

Vyasheslav. K. Gusiakov

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentiev Ave, mathematical modeling of tsunami waves Head. lab., tel. (913)927-35-03, e-mail: gvk@sscc.ru

Pavel S. Zinoviev

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentiev Ave, mathematical modeling of tsunami waves Head. lab., tel. (913)948-46-51, e-mail: zps@omzg.sccc.ru

Zoya A. Liapidevskaya

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentiev Ave, lab mathematical modeling of tsunami waves lead programmer, tel. (913)953-33-36, e-mail: zliapid@ngs.ru

Internet version of an electronic database on the Earth impact structures was created. It included much information relating to probable or suppositional impact structures in addition to data about proven structures. Resource allows to remote users not only access to parametric, textual and graphical information, but also provide instruments to analytical working with information (selection and sorting by user defined criteria) and visualization structures on the Earth's surface.

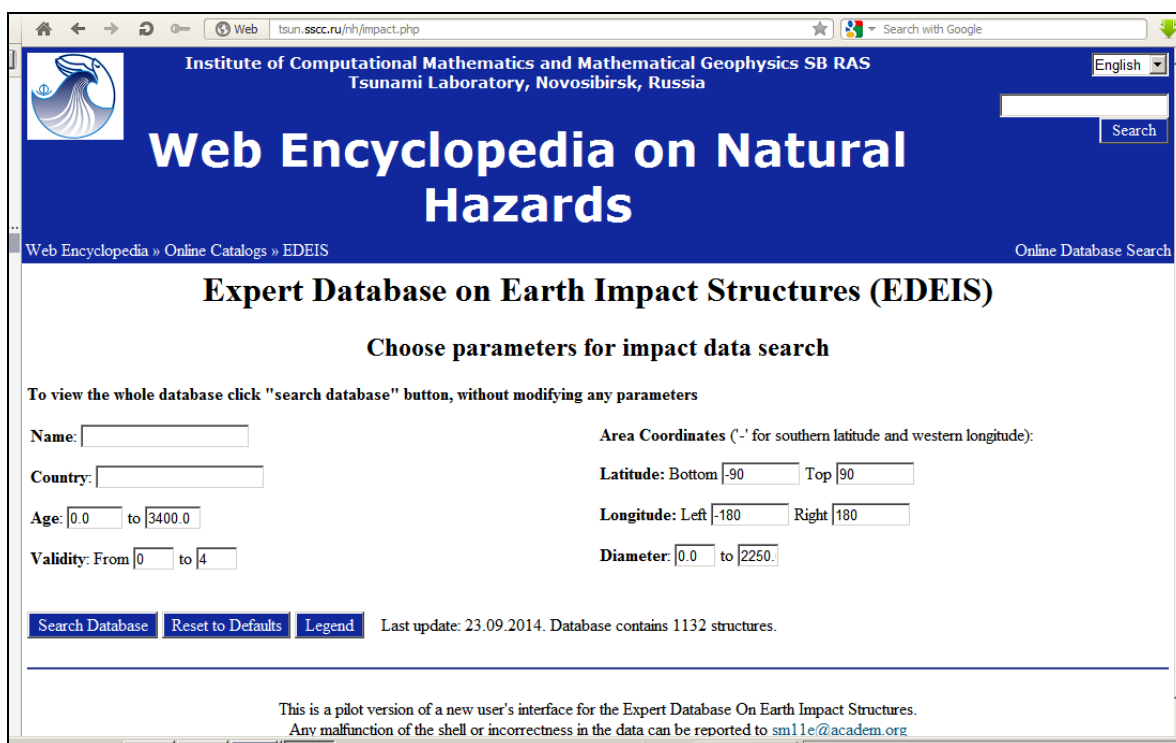
Key words: Database, impact structures, sorting, selection, visualization, Google Earth.

Ввиду серьезных последствий, вызванных падением Челябинского метеорита, МЧС России расширило перечень природных опасностей, включив в него столкновение космических тел с Землей (астероидно-кометная опасность или АКО). Следует отметить, что оценки частоты падений астероидов, приводимые научной литературе [1 - 4], имеют приближенный вероятностный характер, что связано со сложностью изучения данного вопроса, различием в используемых подходах. Среди таких подходов особое место занимают методы, основанные на анализе статистических данных о метеоритных кратерах на поверхности Земли [5], поскольку импактные структуры являются прямыми свидетельствами метеоритных столкновений с Землей в историческом и геологическом прошлом.

В специальной литературе (геологической, минералогической и т.п.) накоплен огромный объем сведений об импактных структурах Земли. Необходимо отметить, что помимо структур, происхождение которых подтверждено комплексными научными исследованиями и сведения о которых можно найти в [6], существует значительно больше структур, доказательство импактного происхождения которых на данный момент не завершено. Как правило, на начальном этапе исследований структуру идентифицируют на основании материалов дистанционного зондирования Земли или топографических карт (округлая форма, кольцевой вал). Дальнейшие исследования требуют экспедиционных работ с привлечением квалифицированных специалистов – геологов, минералогов, петрографов и др. Так как процесс доказательства довольно трудоемкий, он может длиться десятки лет.

Для систематизации информации о достоверных и предполагаемых импактных структурах Земли в лаборатории цунами ИВМиМГ СО РАН создана и поддерживается Экспертная база данных по импактным структурам Земли (EDEIS) [7]. В нее включены параметрические данные, библиографические ссылки, текстовые и фото-файлы по импактным событиям (1130 структур, 3744 фотографий и карт-схем, 926 текстовых описаний и 1608 библиографических ссылок). Для обеспечения удаленного доступа пользователей к данным разработана web-версия EDEIS, которая доступна по адресу <http://tsun.sccc.ru/nh/impact.php>. Интерфейс web-версии EDEIS разработан с использованием скриптовых языков php и JavaScript, а также языка разметки CSS.

Пользователю представлено меню, в котором можно задавать параметры поиска по семи различным полям либо использовать установки по умолчанию (рис. 1).



The screenshot shows a web browser window with the URL `tsun.sccc.ru/nh/impact.php`. The page header includes the logo of the Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, Tsunami Laboratory, Novosibirsk, Russia, and the title "Web Encyclopedia on Natural Hazards". Below the header, there is a search bar and a "Search" button. The main content area is titled "Expert Database on Earth Impact Structures (EDEIS)" and "Choose parameters for impact data search". It contains several input fields for search criteria: Name, Country, Age (0.0 to 3400.0), Validity (From 0 to 4), Area Coordinates (Latitude: Bottom -90 to Top 90, Longitude: Left -180 to Right 180), and Diameter (0.0 to 2250). There are also buttons for "Search Database", "Reset to Defaults", and "Legend". A note at the bottom states: "This is a pilot version of a new user's interface for the Expert Database On Earth Impact Structures. Any malfunction of the shell or incorrectness in the data can be reported to sm11e@academ.org".

Рис. 1. Страница задания параметров выборки в Web-версии EDEIS

Результаты поиска выводятся в виде таблицы с данными об импактных структурах, удовлетворяющими критериям поиска. Таблица содержит 14 параметрических полей, характеризующих каждую структуру. Текстовое описание, фотографии и другие графические материалы по выбранной структуре открываются в отдельном всплывающем окне после активации ссылок в двух последних полях (Txt, Pic). Пример конкретной выборки и отображения текстового описания одной из структур представлен на рис. 2.

Визуализация импактных структур на поверхности Земли осуществляется с помощью программы Google Earth, которую необходимо установить пользователю. Отображение происходит в отдельном окне после активации ссылки View on Google (рис. 3). Каждая структура отображена символом, который привязан к координатам геометрического центра структуры. Для кратеров, хорошо выраженных в рельефе, при уменьшении масштаба карты (увеличения уровня зуммирования) к символу добавляется полигон, маркирующий реальные границы структуры на местности (высшие точки краевого вала). При наведении курсора на маркер структуры появляется всплывающее окно с ее основными параметрами (индекс достоверности, диаметр, возраст) (рис. 3).

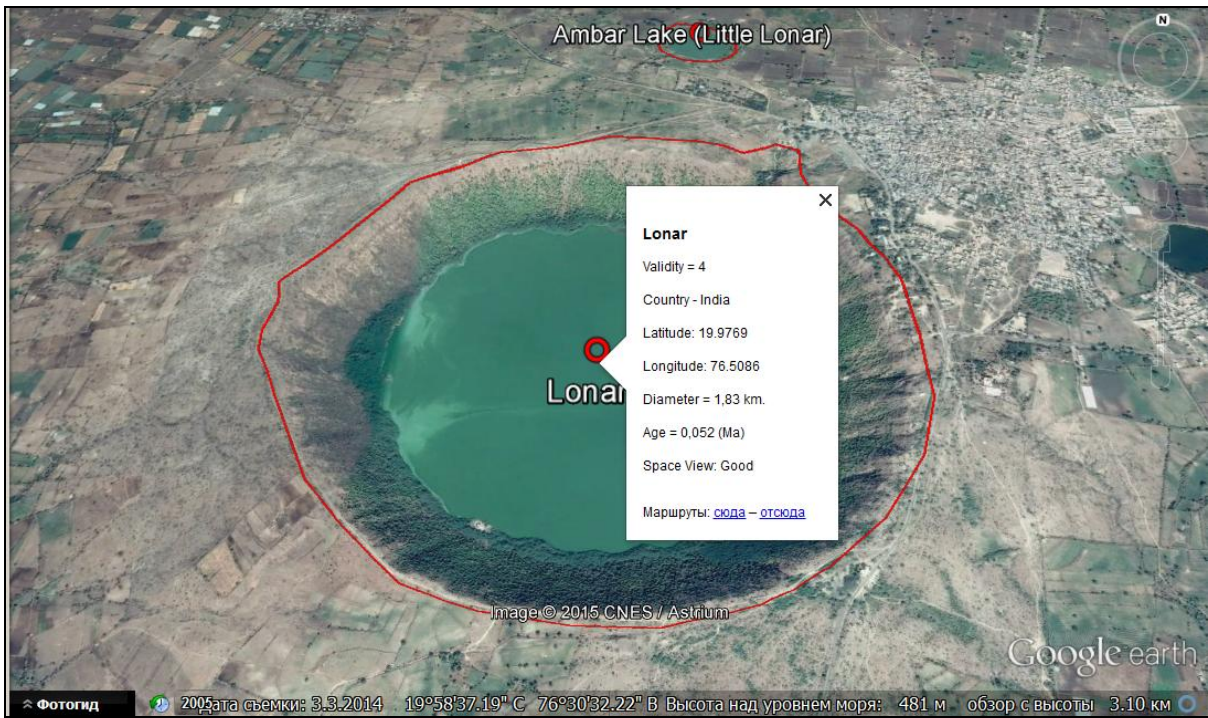


Рис. 2. Пример страницы просмотра Web-версия EDEIS. Всего 16 полей (14 параметрических, 1 текстовое, 1 графическое)

Country	Name	Lat	Long	Diameter_km	Age_Ma	Y	Type	Depth_m	N	Erosion	Appearance	Space view	Rocks	Txt	Pic
Russia	Boriskovo	56.0	36.5	0.01		1				several	crater	N			
Russia	Srednekam	62.5	152.7	0.05	1.0	2	S			1	lake	N			
Russia	Tsepochkino	57.2	50.0	0.08		1				7	lake				
Russia	Kobrin	52.2	24.2	0.25	10.97	1		20.0	1		lake				
Russia	Dolgoye	53.98	37.771	0.03		1	S			6	lake				
Russia	Sanar	60.4	106.2	0.05		1				1	pit				
Russia	Novo-Gurovka														
Russia	Otnos														
Russia	Ujur (Uzhur)														
Russia	Rochehda (Rotchegda)														
Russia	Voyevodskoye														
Russia	Berezovo											N			
Russia	Lianozovo											Y			
Russia	Kasark														
Russia	Tuytyul (Tuytyul)														
Russia	Baraba											Y			
Russia	Tiksi														
Russia	Suyatse Ozero											Y			
Russia	Svetloyar Lake											Y	sed		
Russia	Ust'-Vikhorevo ('Ust'-Vihrovo)														
Russia	Katen	47.0091	136.4042	0.04		2		9.0		1	hollow				

Рис. 3. Визуализация импактных структур на примере кратера Лонар (Индия)

В случае кратерного поля таким контуром обведен каждый кратер (рис. 4).



Рис. 4. Визуализация кратерного поля Мача (Россия, Якутия)

В заключение отметим, что в отличие от Интернет-ресурсов [6,8,9] созданная база данных позволяет удаленному пользователю проводить аналитическую работу с данными (выборку и сортировку по заданным критериям), просматривать текстовую и графическую информацию, осуществлять пространственную визуализацию структур. База данных поддерживается в актуальном состоянии и регулярно пополняется новой информацией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shoemaker E. M. Asteroid and comet bombardment of the Earth // *Ann. Rev. Earth and Planet. Sci.* 1983. N. 11. P. 461–494. [Electron. resource]. <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1983AREPS..11..461S>.
2. Grieve R. A. F., Shoemaker E. M. The record of past impacts on Earth // *Hazards due to comets and asteroids* / Ed. by T. Gehrels. Tucson: The Univ. of Arizona Press. 1994. P. 417–462.
3. Morrison D., Chapman C., Slovic P. The impact hazard // *Hazards due to comets and asteroids* / Ed. by T. Gehrels. Tucson: The Univ. of Arizona Press. 1994. P. 59–92.
4. Bland P. A., Artemieva N. A. The rate of small impacts on Earth // *Meteoritics and Planetary Science*. 2006. V. 41, N 4. P. 607–631. [Electron. resource]. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1945-5100.2006.tb00485.x/pdf>.
5. Амелин И.И., Гусяков В.К., Ляпидевская З.А. Методика оценки частоты импактных событий // *Проблемы информатики*. 2013. № 4. С. 21-35.
6. Earth impact Database <http://www.passc.net/EarthImpactDatabase>
7. Ляпидевская З.А., Гусяков В.К., Амелин И.И. Экспертная база данных по импактным структурам Земли // Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2011620863 от 07.12.2011, Роспатент
8. Moilanen J. Impact structures of the world. 2010. [Electron. resource]. <http://www.somerikko.net/impacts/database.php>
9. Rajmon D. Impact database. 2010. [Electron. resource] <http://impacts.rajmon.cz/index.html>

© И. И. Амелин, В. К. Гусяков, П. С. Зиновьев, З. А. Ляпидевская, 2015

СПЕКТРАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Сергей Михайлович Борзов

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, заведующий лабораторией, (383)330-90-33, e-mail: borzov@iae.nsk.su

Андрей Олегович Потатуркин

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, аспирант, e-mail: sgnl_05@mail.ru

В статье приведены результаты экспериментальных исследований эффективности ряда методов спектрально-пространственной классификации гиперспектральных данных. Выполнено сравнение точности классификации тестового изображения с применением предварительной сегментации и с использованием сглаживания данных скользящим окном.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, обработка гиперспектральных данных, спектральные и пространственные признаки.

SPECTRAL-SPATIAL CLASSIFICATION OF HYPERSPPECTRAL REMOTE SENSING IMAGE

Sergey M. Borzov

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 1 Acad. Koptuyga, head of laboratory, tel. (383)330-90-33, e-mail: borzov@iae.nsk.su

Andrey O. Potaturkin

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 1 Acad. Koptuyga, post-graduate student, e-mail: sgnl_05@mail.ru

This article provides the results of experimental research of effectiveness of various spectral-spatial hyperspectral data classification methods. Classification effectiveness is evaluated based on comparison of test image classification with the use of pre-classification segmentation and sliding-window smoothing.

Key words: remote sensing, hyperspectral image classification, spectral and spatial features.

Введение. При гиперспектральной съемке поверхности Земли из космоса изображения большинства объектов оказываются неоднородны, несмотря то, что соседние пиксели с большой долей вероятности относятся к одному и тому же классу (как правило, сцена состоит из однородных регионов). Это обусловлено несколькими факторами. Во-первых, спектральный состав пикселя является комбинацией спектральных характеристик объектов, образующих этот пиксель. Во-вторых, различные участки поверхности оказываются в разных условиях. Одни освещены прямым солнечным излучением, другие находятся в тени и освещаются отраженным или рассеянным светом. Кроме того, они имеют различную ориентацию поверхности по отношению к источнику освещения.

К значительным искажениям результирующего спектра так же приводит перетражение между слоями в системах вода-почва, растительность-почва и т.п.

Для решения данной проблемы целесообразно применять одновременный анализ спектральных и пространственных признаков [1]. В частности, широкое распространение получили методы, осуществляющие предварительную сегментацию изображения (деление его на однородные в физическом плане области). После этого каждый сегмент (область) рассматривается как отдельный объект и выполняется его классификация на основе усредненных по пикселям спектральных характеристик, либо посредством выбора наиболее часто встречающегося в границах сегмента (доминирующего) класса в карте попиксельной спектральной классификации. Такой подход в последнее десятилетие активно развивается и является одним из наиболее перспективных для обработки данных гиперспектральной съемки [2]. Его эффективность в значительной степени определяется корректностью выполнения процедуры предварительной сегментации изображений, которая особенно затруднена при обработке снимков природных территорий среднего и высокого разрешения [3].

В качестве альтернативы может быть применен подход, основанный на непосредственном использовании для классификации каждого пикселя его окрестности [4]. В этом случае с учетом пространственной связности данных принимается допущение, что пиксель изображения зависит от своего окружения и каждый из соседей может рассматриваться как гипотеза при его уточнении. Способы выбора наиболее достоверной из имеющихся гипотез рассматриваются различные. В простейшем случае на этапе предварительной обработки может быть выполнено равно-взвешенное или медианное сглаживание.

В настоящей работе выполнены сравнительные исследования эффективности перечисленных подходов на примере классификации одного из широко известных тестовых фрагментов гиперспектрального изображения, предлагаемого в открытом пакете MultiSpec.

Экспериментальные исследования. Данное изображение получено в рамках программы AVIRIS (Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer) на опытном полигоне Индиан Пайс (штат Индиана, США). Фрагмент имеет размер - 145x145 пикселей, разрешение - 20 м/пикс., число каналов - 220 в диапазоне 0.4-2.5 мкм., при этом 20 каналов, содержащих высокий уровень шума, при проведении исследований удалены из рассмотрения. На изображении представлены: магистраль, железная дорога, с/х культуры, лес, жилые постройки (рис. 1). По результатам наземных наблюдений выполнено разбиение данного фрагмента на 16 классов, 14 из которых различные типы растительности. В частности, 3 класса кукурузы и 3 сои, отличающиеся методиками возделывания почвы. При этом, отмечается что, данное разбиение в большей степени отражает классы использования земли, а не классы сельхоз культур, поскольку из-за ранней даты регистрации изображения (12 июня) всходы однолетней растительности составляют только малый процент покрытия. Часть территории не размечена и в дальнейшем в работе не рассматривается.

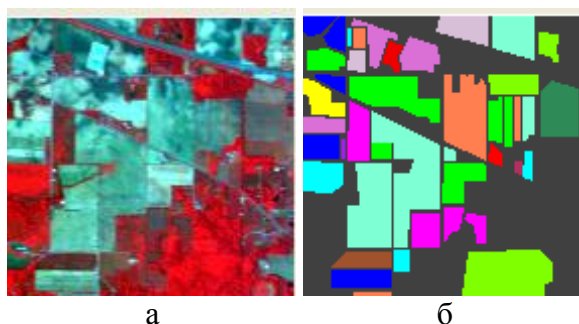


Рис. 1. Исходные данные:

а – исходное изображение; б – карта классов для данного фрагмента

Сравнивалась эффективность нескольких алгоритмов спектрально-пространственной классификации. Кратко опишем каждый:

I. Выполняется избыточная сегментация и, независимо, попиксельная классификация. Затем в рамках образованных сегментов определяется наиболее часто встречающийся класс, и все пиксели сегмента относятся к этому классу, т.е. класс сегмента определяется в результате голосования пикселей.

II. Выполняется избыточная сегментация, затем в рамках образованных сегментов значения пикселей каждого канала усредняются, и осуществляется классификация сегментов по усредненным спектрам.

III. Выполняется попиксельная классификация, затем - обработка сформированной карты скользящим окном с отнесением центрального элемента к наиболее часто встречающемуся классу. Такой фильтр получил в англоязычной литературе название «Majority analysis» [5] – мажорная обработка.

IV. Выполняется предварительное сглаживание данных каждого канала скользящим окном посредством медианной фильтрации, затем - попиксельная классификация.

Для обучения во всех случаях использовалась случайная выборка пикселей каждого класса (для классов, представленных на изображении большим количеством пикселей, по 50, малым - по 15). Классификация выполнялась методом опорных векторов с линейной разделяющей функцией по 20 главным компонентам изображения.

Первые два из сравниваемых алгоритмов предполагают использование предварительной сегментации, и их эффективность значительно зависит от выполнения именно этой процедуры. В наших исследованиях мы намерено не пытались визуально контролировать качество сегментации, поскольку при автоматическом решении практических задач такая возможность отсутствует. Использовались варианты сегментации, основанной на выделении границ, с параметрами, обеспечивающими заведомо избыточное разбиение изображения. На рис. 2 приведен пример такого разбиения, а также композит главных компонент исходных данных до и после усреднения по сегментам.

Результирующая общая точность классификации, оцениваемая как доля верно классифицированных пикселей (в процентах), при различном количестве сегментов представлена в табл. 1. Здесь во второй колонке для сравнения приведена точность попиксельной спектральной классификации данного фрагмента.

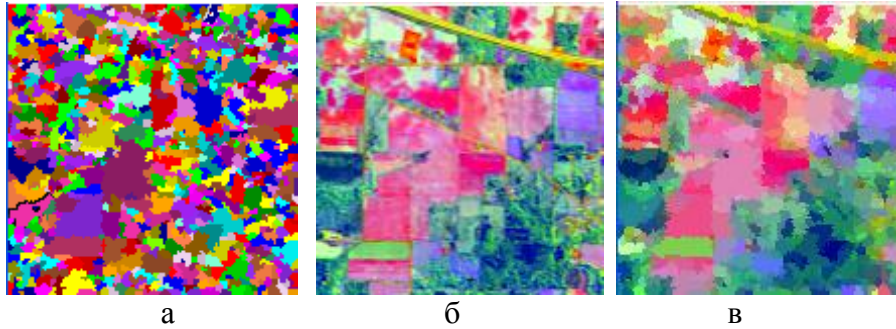


Рис. 2. Сформированные сегменты (а) и композит главных компонент изображения до и после усреднения по сегментам (б, в)

Таблица 1

Эффективность классификации изображения с учетом параметров сегментов

	Спектральная классификация	Спектрально-пространственная классификация							
		I при разном количестве сегментов				II при разном количестве сегментов			
		176	361	730	1283	176	361	730	1283
Общая точность (%)	76.7	89.3	90.0	88.6	88.1	91.2	93.3	92.9	91.3

Видно, что алгоритмы I и II позволяют повысить точность классификации более чем на 10%. При этом процедуры, использующие усреднение данных по сегменту на этапе предварительной обработки, более эффективны. Из [6] известно, что оптимизация процедуры сегментации позволяет повысить точность классификации с использованием первого из перечисленных алгоритмов до 92.4%, второй же достигает схожих значений и без этого.

При выполнении второй пары алгоритмов классификации принципиальным является размер окна обработки, поэтому для них результаты приведены при различных значениях этого параметра (табл. 2).

Таблица 2

Эффективность классификации изображения с учетом параметров локальных окрестностей

	Спектрально-пространственная классификация							
	III с различным размером окрестности				IV с различным размером окрестности			
	3x3	5x5	7x7	9x9	3x3	5x5	7x7	9x9
Общая точность (%)	83.5	86.0	86.9	87.5	84.9	91.4	92.1	91.7

В данном случае также лучшая эффективность достигается при использовании предварительного сглаживания данных. Причем следует отметить, что при изменении размера окна обработки от 5x5 до 9x9 результаты наблюдаются близкие. Наивысшее же значение точности достигнуто при сочетании предварительной и пост классификационной обработки (94.7%). На рис. 3 приведены карты классов, полученные с применением различных алгоритмов классификации.

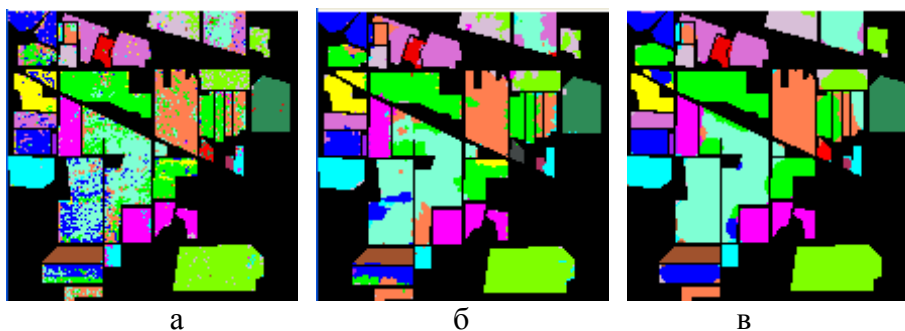


Рис. 3. Результаты классификации:

а – попиксельная спектральная, б – голосование пикселей в сегментах,
в - с предварительным усреднением по сегментам

Заключение. Показано, что выполнение процедур предобработки изображений путем учета близкорасположенных пикселей позволяет повысить точность классификации обрабатываемого фрагмента на 15-17%. При этом принципиально важным является то, что указанные результаты достигаются без применения визуального контроля качества сегментации данных. Для дальнейшего повышения эффективности обработки гипер- и мультиспектральных изображений представляется перспективным развитие рассмотренного подхода в части сочетания выбора наиболее информативных спектральных признаков и применения процедур адаптивного 3D сглаживания.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-07-12202).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Plaza A., Benediktsson J.A., Boardman J.W., Brazile J., Bruzzone L., Camps-Valls G., Chanussot J., Fauvel M., Gamba P., Gualtieri A., Marconcini M., Tilton J.C., Trianni G. Recent advances in techniques for hyperspectral image processing // *Remote Sensing of Environment*, 2009, V. 113. P.110–122.
2. Бондур В.Г. Современные подходы к обработке больших потоков гиперспектральной и многоспектральной аэрокосмической информации // *Исследование Земли из космоса*. 2014. №1. С. 4-16.
3. Пестунов И.А., Синявский Ю.Н. Алгоритмы кластеризации в задачах сегментации спутниковых изображений // *Вестник КемГУ*. 2012. № 4/2 (52). С.110-125.
4. Chen, C.; Li, W.; Tramel, E.W.; Cui, M.; Prasad, S.; Fowler, J.E. Spectral-spatial preprocessing using multihypothesis prediction for noise-robust hyperspectral image classification. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Observ. Remote Sens.* 2014, 7, 1047–1059.
5. Thomas M. Lillesand, Raiph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman, *Remote Sensing and Image Interpretation*. – 2004. – John Wiley & Song, Inc. – 763 P
6. Fauvel M, Tarabalka Y, Benediktsson J, Chanussot J, Tilton J. Advances in spectral-spatial classification of hyperspectral images. *Proc. IEEE*. 2013;101 (3 SI):652-675.

© С. М. Борзов, А. О. Потатуркин, 2015

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ АГРЕГАЦИЯ ТЕРМОТОЧЕК ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛА

Дмитрий Леонидович Чубаров

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

Владимир Андреевич Кихтенко

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник, тел. (383)334-91-08, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Елена Александровна Мамаш

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, и. о. зав. лабораторией, тел. (383)334-91-77, e-mail: elenamamash@gmail.com

Валентин Валентинович Смирнов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, инженер-исследователь, тел. (383)334-91-08, e-mail: valentin.smirnov@gmail.com

Представлен метод поиска промышленных источников тепла, основанный на анализе пространственного распределения областей с аномальной яркостной температурой, обнаруживаемых по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. При этом размеры источников тепла могут быть значительно меньше пространственного разрешения инфракрасных зондировщиков, используемых для детектирования. Такого эффекта удастся добиться за счёт большого числа наблюдений.

Ключевые слова: MODIS, природные пожары, обработка спутниковых данных.

SPATIAL AGGREGATION OF THERMAL HOTSPOTS FOR THE DETECTION OF INDUSTRIAL HEAT SOURCES

Dmitri L. Chubarov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

Vladimir A. Kikhtenko

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-08, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Elena A. Mamash

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, Ph. D., Laboratory-Center of Monitoring of Social and Economic Processes and Environment, tel. (383)334-91-77, e-mail: elenamamash@gmail.com

Valentin V. Smirnov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-08, e-mail: valentin.smirnov@gmail.com

We present a method to detect industrial heat sources by analyzing spatial distribution of thermal hotspots detected with space-based sensors. The size of the sources that can be reliably detected with this method may be smaller than the spatial resolution of the sensor. This effect is achieved through a large number of observations of the same heat source.

Key words: MOIDS, wildfires, satellite remote sensing data processing.

Возможность детектирования областей на поверхности Земли с аномальной яркостной температурой по данным дистанционного зондирования из космоса позволяет не только оперативно выявлять многие природные пожары, но и проанализировать статистические характеристики распределения таких областей на больших территориях.

Для выделения областей с аномальной яркостной температурой используются измерения яркости земной поверхности в среднем и дальнем инфракрасных диапазонах. Такие измерения осуществляются сенсором AVHRR, установленным на аппаратах серии NOAA, сенсором MODIS на аппаратах Terra/Aqua, сенсором VIIRS на аппарате Suomi NPP и других. Особенностью сенсора MODIS является наличие канала с повышенным динамическим диапазоном. Для этого сенсора существует алгоритм выявления областей с аномальной яркостной температурой [1]. Размер областей на поверхности Земли, выявляемых алгоритмом определяется разрешением прибора и составляет около 1 км. Центроиды таких областей, мы в дальнейшем будем называть «термоточками». Такие термоточки могут соответствовать как очагам природных пожаров, так и промышленным объектам. Успешность детектирования пожара зависит от состояния атмосферы, площади и интенсивности пожара и ряда других факторов.

На основании геоинформационного анализа массива термоточек, зарегистрированных на территории Сибири и Дальнего Востока России за период с 2000 по 2014 гг., мы обратили внимание на неравномерность распределения термоточек [7]. Сгущения могут соответствовать как районам с повышенной частотой возгораний, так и промышленным источникам тепла, указывающим на продолжающуюся хозяйственную деятельность. Для того, чтобы выделить области сгущения термоточек, соответствующие промышленным объектам мы предлагаем эвристический метод, с использованием нескольких уровней агрегации данных.

Массив термоточек для исследуемой территории за 15-ти летний период содержит свыше 4 млн. записей. Каждая запись характеризуется областью, соответствующей одному пикселю спутникового изображения с пространственным разрешением около 1 км, а также оценкой интенсивности пожара и временем наблюдения. Алгоритм детектирования выполняется на втором уровне обработки данных MODIS после каждого сеанса связи с космическим аппаратом. Списки термоточек разбиваются на интервалы, соответствующие пяти минутам орбитального движения космического аппарата, и записываются в отдельный файл. Файлы со списками термоточек могут быть загружены из открытых архивов NASA/USGS (<https://lpdaac.usgs.gov/>), а также из архива ИВТ СО РАН (<ftp://ftp.esemc.nsc.ru/>).

Списки термоточек из файловых архивов были загружены в базу данных под управлением реляционной СУБД PostgreSQL. Дальнейшая обработка осу-

ществлялась средствами указанной СУБД, сервера протокола WMS hVault-WMS, разработанного в ИВТ СО РАН [5], и настольной ГИС QGIS.

На первом этапе работы предлагаемого метода средствами СУБД выполняется агрегация данных на регулярной сетке с шагом 20 км. Определяется несколько пороговых значений, в соответствии с которыми ячейки разделяются на несколько типов в зависимости от числа термоточек, попавших в ячейку.

На втором этапе, в соответствии с числом термоточек, попадающих в ячейку сетки, выделяются ячейки, с высоким содержанием, окрестность которых преобладают ячейки с низким содержанием. Такие ячейки преобладают на территориях, на которых природные пожары возникают относительно редко.

В окрестности выделенных на предыдущем этапе ячеек выполняется агрегация данных на мелкой сетке с шагом 2 км. Ячейки мелкой сетки с высоким содержанием термоточек соответствуют изолированным скоплениям.

Для ячеек мелкой сетки, выделенных на предыдущем этапе, загружаются спутниковые снимки Landsat, которые затем рассматриваются специалистом.

Картосхемы, соответствующие последовательным этапам применения предлагаемого метода для участка территории Западной Сибири (66° В.Д. - 88° В.Д., 48° С.Ш. - $61^{\circ}30'$ С.Ш.) приведены на рис. 1-4.

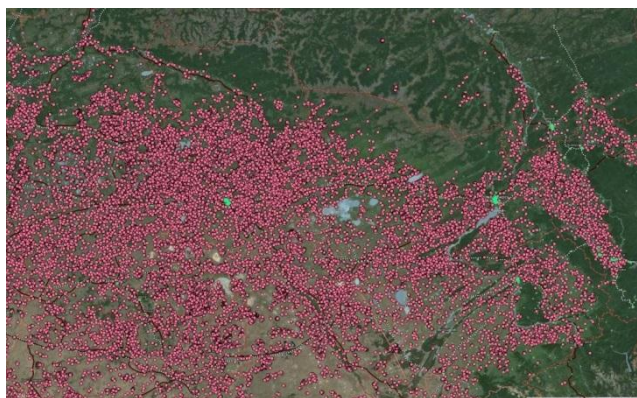


Рис. 1. Распределение термоточек для участка территории Западной Сибири

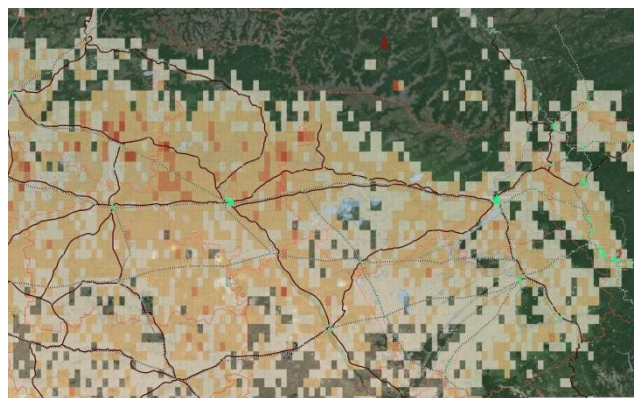


Рис. 2. Картосхема плотности распределения термальных аномалий на сетке с ячейкой 20x20 км



Рис. 3. Картосхема плотности распределения термоточек на сетке 2x2 км

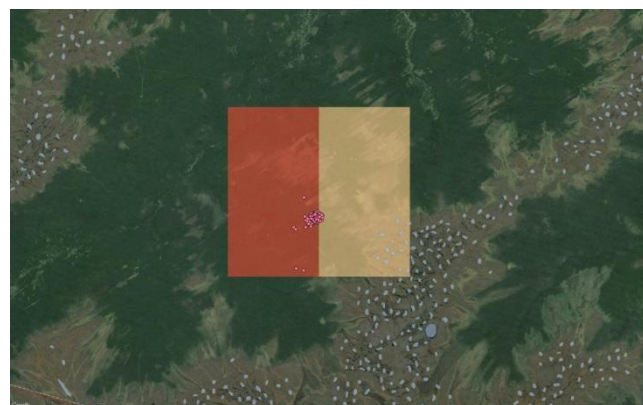


Рис. 4. Изолированное скопление термоточек

Результатом работы предложенного метода является фрагмент сцены Landsat, соответствующий обнаруженному изолированному скоплению термоточек. Пример результата приведен на рис. 5, 6. На рис. 6 отчетливо видны контуры кустовой площадки на территории нефтяного месторождения в Томской области с установкой сжигания попутного газа.

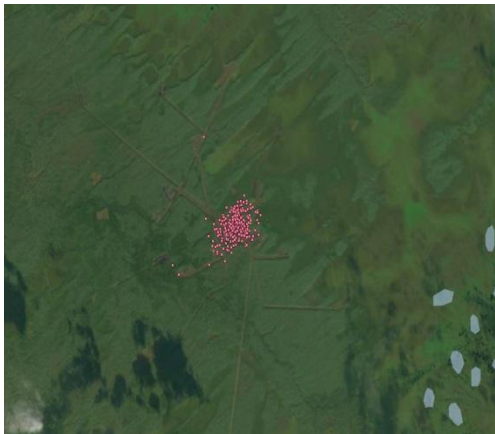


Рис. 5. Изолированное скопление термоточек наложенное на фрагмент сцены Landsat

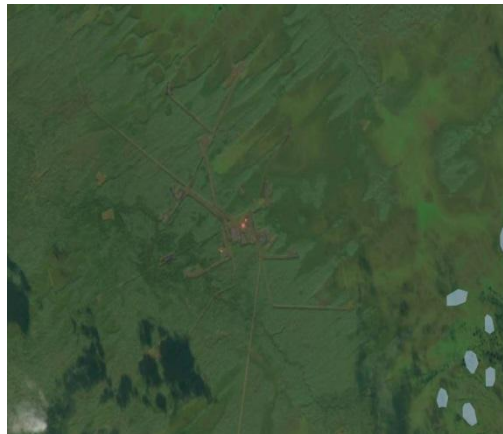


Рис. 6. Установка сжигания попутных газов, обнаруженная с помощью предложенного метода

Таким образом, можно сделать вывод о возможности обнаружения промышленных источников тепла на больших территориях даже в случае, если размер источника значительно меньше пространственного разрешения спутникового прибора, по результатам анализа термоточек.

К числу промышленных источников тепла, которые могут быть идентифицированы с использованием предложенной методики, относятся не только установки сжигания попутного газа, но и золоотвалы металлургических производств, и другие источники теплового загрязнения атмосферы.

Возможности анализа пространственного распределения термоточек, накопленных за многолетний период и за отдельные пожарные сезоны и ранее привлекали внимание исследователей. Так в работе К. Ковач и др. была обнаружена положительная корреляция между распределением термоточек и интенсивностью хозяйственного освоения территории [2]. С использованием массива термоточек NOAA/AVHRR в работе А.В. Рубцова, А.И. Сухина и Е.А. Ваганова построена классификация территории Сибири по фактической горимости [6]. В работе И.В. Журавлевой и А.Ю. Ярошенко представлена оценка повторяемости лесных пожаров на всей территории Северного полушария по данным MODIS [4]. Перечисленные работы направлены на исследование распределения природных пожаров с использованием массива термоточек. Подход, представленный в настоящей работе, напротив, направлен на использование этого массива для быстрого поиска промышленных источников тепла.

Анализ массива термоточек, на основе которого была выработана предложенная методика был выполнен в рамках проекта № 43П программы фундамен-

тальных исследований Президиума РАН № 1 по стратегическим направлениям развития науки на 2014 г. «Фундаментальные проблемы математического моделирования». Веб-сервер hVault-WMS, использовавшийся для построения картосхем плотности распределения термоточек разработан в рамках проекта РФФИ № 13-07-12105-офи_м «Интеграция многоспектральных и гиперспектральных данных аэрокосмического зондирования Земли для повышения эффективности их использования в фундаментальных и прикладных исследованиях окружающей среды Сибири и Дальнего Востока».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kaufman, Y.J. (1998) Potential global fire monitoring from EOS-MODIS / Y.J. Kaufman, C.O. Justice, L.P. Flynn, J.D. Kendall, E.M. Prins, L.Giglio, D.E. Ward, W. Paul Menzel, and A.W. Setzer // Journal of Geophysical Research, vol. 103 — № D24 — P. 32,215–32,238 — 1998
2. Kovacs, K (2004) The relationship of the Terra MODIS fire product and anthropogenic features in the Central Siberian landscape / K. Kovacs, K.J. Ranson, G. Sun, V.I. Kharuk // Earth Interactions. — 2004. — Vol. 8, paper No 18. — P. 1–25.
3. Белов, В.В. (2004) Региональный космомониторинг последствий лесных пожаров / В.В. Белов, С.В. Афонин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. В.1. — Т.1. — С. 98–103 — 2004.
4. Журавлева, И.В. Периоды повторяемости пожаров в северных лесах мира (карта) / И.В. Журавлева, А.Ю. Ярошенко – М: Гринпис России, 2014.
5. Кихтенко, В.А. hVault: технология доступа к архиву спутниковых данных / В.А. Кихтенко, Д.Л. Чубаров, В.В. Смирнов // XII Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 10-14 ноября 2014), тезисы докладов. — Москва: ИКИ РАН. — 2014. — С. 117
6. Рубцов, А.В. Классификация территории Сибири по фактической горимости с использованием спутниковых данных / А.В. Рубцов, А.И. Сухинин, Е.А. Ваганов // Журнал Сибирского федерального университета. Биология — т. 1 — № 3 — С. 30–39 — 2010.
7. Шокин, Ю.И. Статистический анализ пространственно-временного распределения природных пожаров по территории Сибири на основе спутниковых данных / Ю.И. Шокин, П.В. Воронина, В.А. Кихтенко и др. // XII Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 10–14 ноября 2014), тезисы докладов. — Москва: ИКИ РАН. — 2014. — С. 146

© Д. Л. Чубаров, В. А. Кихтенко, Е. А. Мамаи, В. В. Смирнов, 2015

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГИЛЬБЕРТА – ХУАНГА

Артём Сергеевич Феоктистов

Институт автоматизации и электростроения СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, аспирант, e-mail: feoktistov.artem@gmail.com

Евгений Семенович Нежевенко

Институт автоматизации и электростроения СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории информационной оптики, e-mail: nedj@iae.nsk.su

Описывается метод классификации гиперспектрального изображения с предварительной трансформацией его к главным компонентам и использованием преобразования Гильберта – Хуанга. Эффективность этого метода показана на примере нейросетевой классификации мультиспектрального изображения путем сравнения с традиционными методами нейросетевой классификации.

Ключевые слова: классификация, гиперспектральное изображение, преобразование Гильберта – Хуанга.

CLASSIFICATION OF HYPERSPECTRAL IMAGES BY MEANS OF HILBERT-HUANG TRANSFORM

Artem S. Feoktistov

Institute of Automation and Electrometry SB RAS. 630090, Russia, Novosibirsk, 1 Koptyuga prosp., Ph. D., e-mail: be9@be9.ru

Evgeny S. Nejevenko

Institute of Automation and Electrometry SB RAS. 630090, Russia, Novosibirsk, 1 Koptyuga prosp., Ph. D., e-mail: nedj@iae.nsk.su

Classification results of a hyperspectral image by means of Hilbert – Huang transform are presented. The efficiency of method is demonstrated by example of neural network classification of multispectral images by comparison with traditional methods of neural network classification.

Key words: classification, hyperspectral image, Hilbert – Huang transform.

Гиперспектральная съемка является перспективным методом дистанционного зондирования Земли. Каждый пиксель гиперспектрального изображения представляет собой вектор, компоненты которого – значения отражения или излучения света в очень узком участке спектра. В результате все изображение представляет собой гиперкуб, сечения которого – изображения в узком спектральном диапазоне. Для сегментации такого изображения при обучении с учителем необходимо выделить зоны интереса на изображении и указать класс, к которому принадлежит каждая зона. Однако компоненты векторов гиперспектральных изображений сильно коррелированы ввиду того, что спектры отра-

жения или излучения участков поверхности Земли - как правило гладкие функции (речь здесь не идет о материалах с дискретным спектром излучения), кроме того значительные участки спектров различных материалов могут быть близки между собой. Отсюда следует, что для сегментации такие спектры переизбыточны и необходимо выделять эффективную систему признаков.

Во многих работах (в т. ч. в [1]) показано, что наиболее эффективным методом сокращения пространства признаков является преобразование к главным компонентам (ГК). Однако такое преобразование проводится попиксельно, т.е. никак не учитывается пространственная структура (текстура) изображений. Это может приводить к тому, что, например, тайга и мелколесье будут отнесены к одному классу, если у них близкие спектральные диапазоны отражения. Существует множество методов пространственного анализа изображений, в настоящей работе рассмотрен сравнительно новый метод нелинейной трансформации исходного пространства признаков на основе преобразования Гильберта-Хуанга, причем он применяется не к исходному изображению, а к его главным компонентам.

Преобразования Гильберта-Хуанга (ННТ) включает две части: разложение на эмпирические моды (EMD) и спектральный анализ Гильберта (HSA). Последний позволяет найти мгновенные амплитуды и мгновенные частоты сигнала, которые полностью его характеризуют.

В его основе лежит предположение, что любые данные состоят из разнообразных внутренних видов колебаний, наложенных одно на другое. Результат – конечное сложное колебание. Каждое из составляющих колебаний представляет собой функцию (intrinsic mode function - IMF, эмпирическая мода) со следующими особенностями:

1. В наборе данных число экстремумов и число нулевых пересечений должны быть равными или отличаться самое большее на единицу.

2. В любой точке данных среднее значение огибающих, определенных локальными максимумами и локальными минимумами, является нулем.

Алгоритм разложения сигнала на эмпирические моды выглядит следующим образом:

1. Определяются локальные экстремумы сигнала (минимумы и максимумы).

2. Получаются огибающие сигнала путем аппроксимации отдельно локальных максимумов и отдельно локальных минимумов кривой аппроксимации. Наиболее часто для этой процедуры используются кубические сплайны.

3. Получаются средние значения верхней и нижней огибающей m_1 и разность сигнала и среднего значения $h_1 = x(t) - m_1$.

4. Далее в качестве исходного сигнала берется уже функция h_1 и алгоритм повторяется до выполнения условия останова. Исторически использовались два различных критерия. Первый определен как нормализованная квадратичная разность между двумя последовательными операциями отсеивания. Если эта квадратичная разность SD_k меньше, чем предопределенное значение, процесс отсеивания будет остановлен. Вторым критерий (S критерий) заключается в том,

что число экстремумов на последующей и предыдущей итерации должно остаться неизменным.

$$SD_k = \frac{\sum_{t=0}^T |h_{k-1}(t) - h_k(t)|}{\sum_{t=0}^T h_{k-1}^2(t)}$$

5. После остановки h_k принимается за первую IMF функцию c_1 . В качестве исходного сигнала берется разность $r_1 = x(t) - c_1$ и процесс повторяется.

6. В конечном итоге мы имеем разложение сигнала на эмпирические моды в следующем виде

$$x(t) = \sum_{j=1}^n c_j + r_n$$

Завершающим шагом ННТ преобразования является преобразование Гильберта, возможность которого определяется тем, что эмпирические моды, полученные в ходе разложения, являются аналитическими сигналами. Это преобразование позволяет выделить такие признаки, характеризующие сигнал, как мгновенные частоты и амплитуды каждой моды.

$$H_s(t) = PV \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(\tau)}{t - \tau} d\tau,$$

$$Z(t) = s(t) + iH_s(t) = a(t)e^{i\theta(t)},$$

$$a(t) = \sqrt{s(t)^2 + H_s(t)^2}, \theta(t) = \arctan \left[\frac{H_s(t)}{s(t)} \right],$$

где $a(t)$ и $\theta(t)$ - соответственно, амплитуда и фаза сигнала во время t . Мгновенная частота может быть вычислена по формуле:

$$\omega(t) = d\theta(t)/dt$$

Соответственно при применении преобразования Гильберта-Хуанга к изображению для каждого пикселя возникает $2 \cdot m$ признаков, где m – это число полученных эмпирических мод [2]. Пример применения ННТ к изображению представлен на рис. 1.

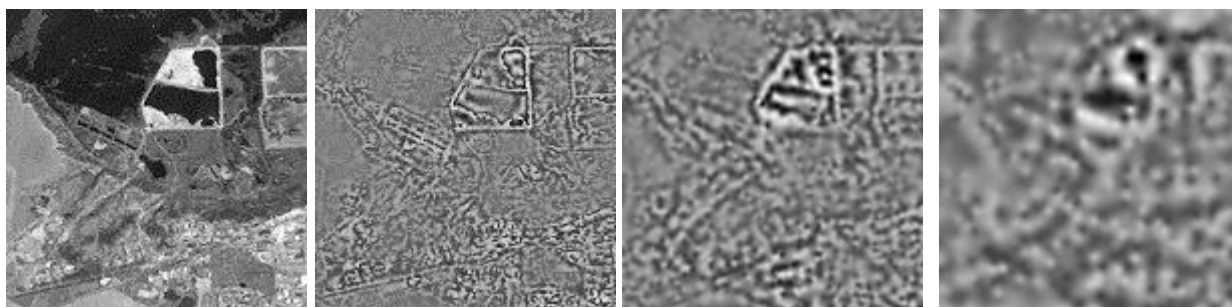


Рис. 1

На рис. 1 представлено исходное изображение и три его эмпирические моды.
Эксперимент

Для экспериментального исследования использовалась центральная часть мультиспектрального изображения Portion of Southern Tippecanoe County, размерностью 201x221 (рис. 2) [3]. На нем были выделены 8 зон интереса, разделенные путем экспертной оценки на 4 класса. Общее количество пикселей в зонах интереса 4202, каждому из них соответствует $N = 12$ спектральных каналов.

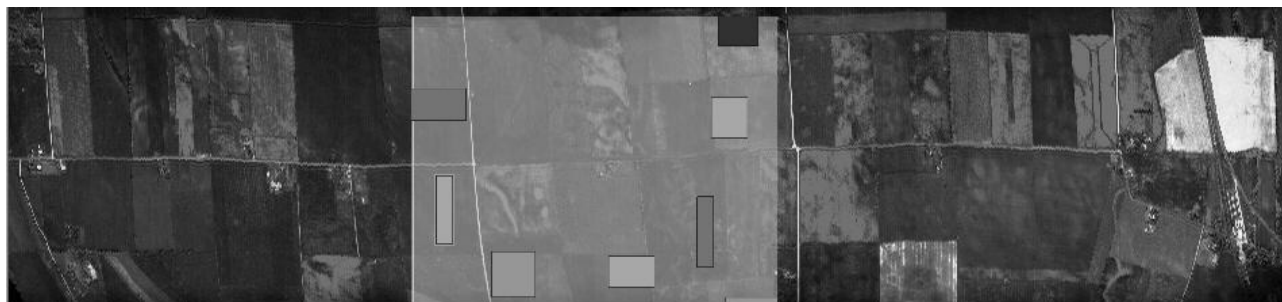


Рис. 2

Это изображение было преобразовано к ГК, после чего по критерию «каменистая осыпь» для классификации было отобрано 3 ГК, обеспечивающие 96,54% дисперсии данных. К каждой из ГК было применено ННТ, в результате чего было получено для каждой ГК по 5 эмпирических мод. Преобразование ННТ было проведено в программе, которая была разработана в среде Matlab, основными модулями которой являются модули преобразования Хуанга и Гильберта, для поиска локальных экстремумов реализованы операторы морфологической реконструкции, а для построения огибающих реализована аппроксимация с помощью RBF функций, и с помощью сплайнов. Для определения критерия остановки также были реализованы два варианта: критерий S и критерий SD_{max} .

Таким образом, имеется 3 массива, подлежащих классификации: массив спектральных компонент (МСК), массив главных компонент (МГК) и массив эмпирических мод главных компонент (МЭМГК). Решаемая задача: определение вероятности правильной классификации на каждом из массивов, т.е. выбор эффективной и наиболее экономичной системы признаков. Классификация проводилась в нейросетевом пакете программы STATSOFT. При этом конструировалось 10 нейронных сетей, из которых отбиралось 5 наилучших. Каждый массив делился случайным образом на 3 выборки: обучающую, контрольную и тестовую. Результаты обучения и классификации будут представлены вероятностями распознавания: на обучающей выборке - $P_{об}$, на тестовой - P_T .

На МСК $P_{об}=0,916$, $P_T=0,904$. Как видно, почти 10% пикселей классифицированы неправильно. На МГК $P_{об}=0,997$, $P_T=0,996$. Т.е. главные компоненты как признаки намного эффективнее исходных признаков. Но самые удивительные результаты получились при использовании эмпирических мод. Для МЭМГК $P_{об}=1$, $P_T=1$. После получения такого результата мы решили выяснить,

какие именно из 5 мод дают 100 процентную классификацию. Были перебраны самые разные комбинации мод и оказалось, что когда мы взяли только пятые моды главных компонент, результат классификации не изменился: $P_{об}=1$, $P_T=1$. Следует сказать, что пятая мода - это фактически набор пятен вместо изображения. Одно из объяснений полученного результата: каждое из этих пятен сохраняет характеристики классов, т.е. соотношение преобразованных в соответствии с модами главных компонент, причем для всего участка, характеризующего класс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преобразование Гильберта-Хуанга в сочетании с главными компонентами – весьма эффективное преобразование мультиспектральных (а почти наверняка и гиперспектральных) изображений с точки зрения классификации. Однако здесь еще требуются серьезные исследования для определения эффективного состава мод для разных типов изображений и зон интереса – например, результаты на высоких модах будут скорее всего не такие хорошие, если зоны интереса будут соприкасаться – повлияет «размаз» моды, который может привести к пересечению классов и, соответственно, несто процентной классификации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козик В. И., Нежевенко Е. С. Выбор эффективной системы признаков при сегментации гиперспектральных изображений // Перспективы развития науки и образования, 2014, часть 7, С. 70-72.
2. N. Huang, et al., The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for non-linear and non-stationary time series analysis, Proc. R. Soc., Lond. A 454 (1998) 903 – 995.
3. A Freeware Multispectral Image Data Analysis System: [Электронный ресурс]. URL: <https://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/hyperspectral.html>

© А. С. Феоктистов, Е. С. Нежевенко, 2015

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ И СНЕЖНОГО ПОКРОВА г. НОВОСИБИРСКА

Татьяна Владимировна Ярославцева

ФБУН Новосибирский НИИ гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Пархоменко, 7, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Владимир Федотович Рапута

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

Обсуждаются результаты экспериментальных исследований длительного загрязнения атмосферного воздуха и снежного покрова на стационарных постах Гидрометеослужбы г. Новосибирска. Проведён корреляционный анализ данных измерений сопутствующих компонентов примеси как в атмосфере, так и в снеге. Показана возможность создания в этих средах взаимно дополнительных систем мониторинга и получения на их основе более детальной оценки состояния длительного загрязнения атмосферы города.

Ключевые слова: загрязнение, атмосфера, снежный покров, корреляционный анализ, интерполяция.

REGULARITIES OF LONG ATMOSPHERE AND SNOW COVER POLLUTION IN NOVOSIBIRSK

Tatyana V. Yaroslavtseva

FBSI «Novosibirsk scientific research institute of hygiene» of Rospotrebnadzor, 630108, Russia, Novosibirsk, 7 Parhomenko, researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: tani-ta@list.ru

Vladimir F. Raputa

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 pr. Akad. Lavrentjeva, chief researcher, tel. (383)330-61-51, e-mail: raputa@sscc.ru

We discuss the results of experimental studies of long-term air pollution and snow cover at fixed stations Hydrometeorological of Novosibirsk. Correlation analysis of measurement data associated components impurities in the atmosphere and snow was held. Was possible to produce in these environments mutually complementary monitoring and reception on their basis of a more detailed assessment of the long-term urban atmospheric pollution.

Key words: pollution atmosphere, snow cover, correlation analysis, interpolation.

Мониторинг загрязнения атмосферы города. Мониторинг атмосферного воздуха г. Новосибирска проводится на стационарных постах Государственной службы наблюдений за состоянием окружающей среды [1]. Схема расположения стационарных пунктов наблюдения за загрязнением (ПНЗ) атмосферного воздуха представлена на рис. 1. Контроль качества атмосферного воздуха проводится по четырем основным параметрам (взвешенные вещества, диоксиды серы и азота, оксид углерода) и специфическим (оксид азота, хлористый водород, аммиак, фтористый водород, формальдегид, бенз(а)пирен и др.). Посты подразделяются на "региональные фоновые" (ПНЗ 47), "городские фоновые" в жилых районах (ПНЗ 24, 26), "промышленные" вблизи предприятий (ПНЗ 18, 19, 25) и "авто" вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением транспорта (ПНЗ 1, 21, 49, 54).

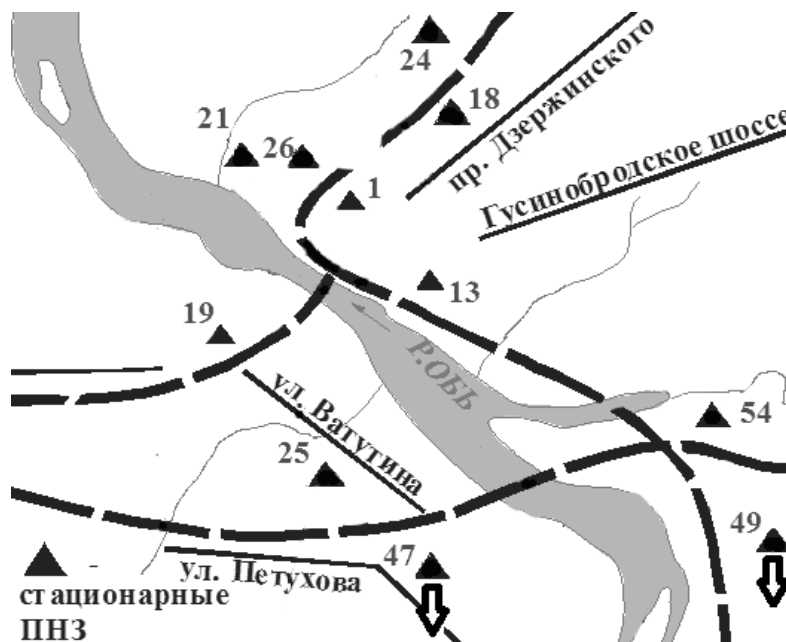


Рис. 1. Схема размещения ПНЗ на территории города

проводится по четырем основным параметрам (взвешенные вещества, диоксиды серы и азота, оксид углерода) и специфическим (оксид азота, хлористый водород, аммиак, фтористый водород, формальдегид, бенз(а)пирен и др.). Посты подразделяются на "региональные фоновые" (ПНЗ 47), "городские фоновые" в жилых районах (ПНЗ 24, 26), "промышленные" вблизи предприятий (ПНЗ 18, 19, 25) и "авто" вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением транспорта (ПНЗ 1, 21, 49, 54).

В зимнее время для Новосибирска характерно повышенное содержание в воздухе взвешенных веществ, бенз(а)пирена, сажи. Наиболее высокое содержание бенз(а)пирена, сажи в атмосфере отмечается в холодный период года. Для атмосферы города также характерно повышенное содержание оксидов азота. На содержание оксида и диоксида азота в приземном слое атмосферного воздуха существенное влияние оказывают метеорологические параметры (температурные инверсии, скорость ветра, наличие туманов).

Мониторинг загрязнения снежного покрова. Отбор проб снега производился в конце зимних сезонов 2008-2012 г.г. вблизи стационарных ПНЗ г. Новосибирска. Пробы отбирались с помощью пластмассовой трубы на открытых площадках неповреждённого снежного покрова на всю глубину. Анализ снежных проб выполняли в лаборатории после их топления по схемам в зависимости от природы определяемых компонентов [2]. Перед определением неорганических компонентов растопленную пробу пропускали через бумажный и мембранный фильтры с диаметрами пор 3-5 и 0,45 мкм соответственно. Анализу подвергали и осадки, и фильтрат. В фильтрате определяли анионный состав, в том числе нитрат-, нитрит- и сульфат-ионы с использованием методики на основе капиллярного электрофореза.

Органические компоненты (ПАУ) определяли после их экстракционного концентрирования в хлористый метилен из всего объема нефильтрованной пробы. Осадок после упаривания на ротационном испарителе растворяли в ацетоне. Полученный раствор анализировали на содержание ПАУ методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим окончанием.

Параметры для сравнения межсредового загрязнения. Для прямого сравнения результатов измерений в воздухе и снеге были выбраны соответственно следующие параметры: взвешенные вещества (пыль) и осадок; бенз(а)пирен в обеих средах; сажа воздуха сопоставлялась с бенз(а)пиреном и суммой ПАУ в снеге. Другими неочевидными параметрами для сравнения в рассматриваемых средах были выбраны: оксиды азота (NO_2 , NO), с одной стороны, и нитраты, нитриты, с другой, а также оксид серы(IV) и сульфаты. Из литературных данных известно, что оксиды азота и серы являются газовыми предшественниками вышеперечисленных анионов в аэрозольных выпадениях в снег. Расчёт среднезимних концентраций примесей, измеряемых в атмосфере, проводился за период времени с середины ноября по середину марта, что примерно соответствует периоду залегания снежного покрова в городе.

Результаты и обсуждение. Анализ результатов экспериментальных исследований проводится в рамках линейных корреляционных зависимостей. По вертикальной оси представлена среднезимняя концентрация примеси в воздухе, по горизонтальной оси в снеге.

На рис. 2 представлены линейно-корреляционные зависимости между осадком пыли в пробах снега и взвешенными веществами в воздухе, БП в снеге и содержанием сажи в воздухе для зимних сезонов 2010 - 2012 г.г. на ПНЗ г. Новосибирска.

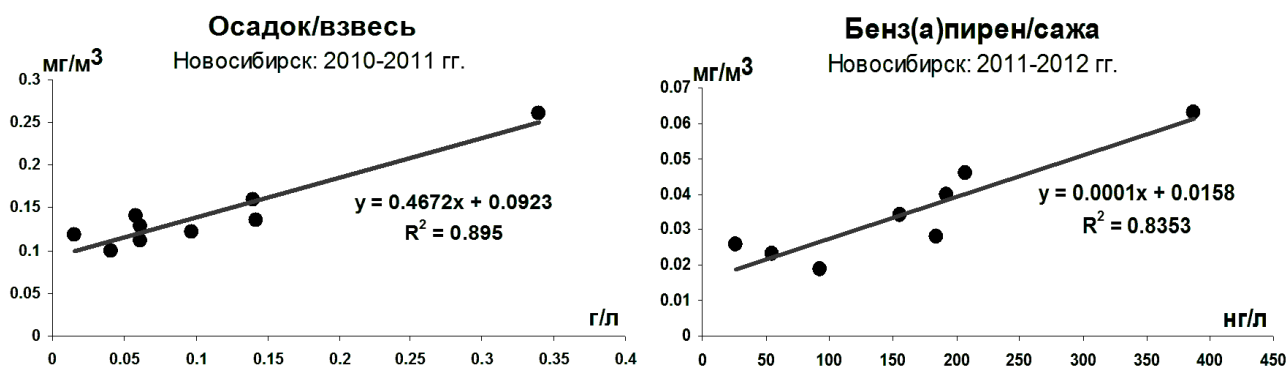


Рис. 2. Линейно-корреляционная зависимость между осадком пыли в пробах снега и взвешенными веществами в атмосфере, содержанием БП в снеге и сажой в воздухе

Анализ рис. 2 показывает, что значения рассматриваемых параметров от поста к посту меняются вполне согласованно в значительных диапазонах изменения концентраций в обеих средах.

Максимальное значение соответствующих концентраций примесей в атмосферном воздухе и снеге достигается для ПНЗ № 21, минимальное – для ПНЗ № 47. Следует отметить, что ПНЗ № 47 является по сути фоновым для региона г. Новосибирска, так как расположен на входе в город господствующих в зимнее время ветров.

Отметим также, что пересечение линий регрессий на рис. 2 происходит несколько выше начала координат. Этот факт означает, что определённая часть мелкодисперсных фракций пыли и сажи либо не фиксируется в снежном покрове, либо переходит в растворённое состояние.

Сопоставление на рис. 3 изменений концентраций оксидов азота и углерода в атмосферном воздухе и нитрит-анионов в снеговом покрове на ПНЗ показало вполне удовлетворительное согласие. Между измеренными концентрациями оксида углерода и нитрит-анионами на постах имеет место антикорреляционная химическая связь. Наличие такой связи указывает на необходимость проведения дополнительных исследований.

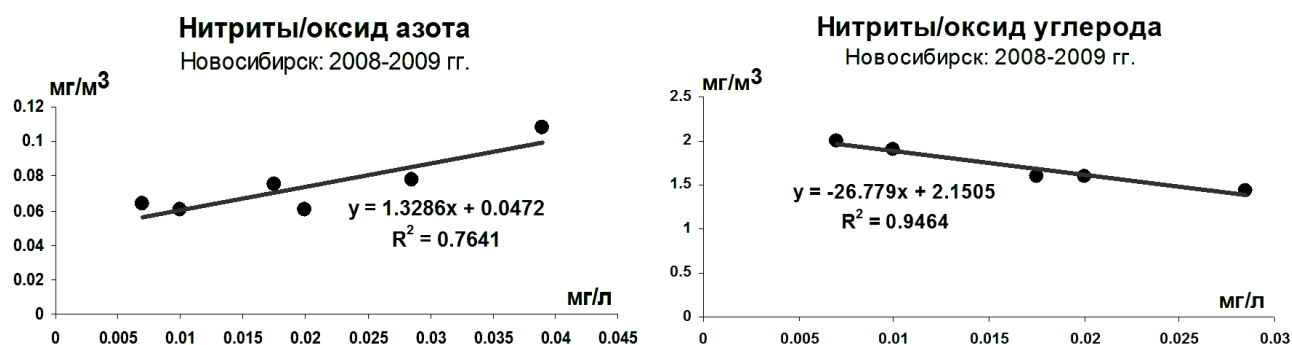


Рис. 3. Линейно-корреляционная зависимость между нитрит-анионами и оксидом азота, между нитрит-анионами / оксидом углерода в зимнем сезоне 2008/09 г.

Высокая степень количественного согласия представленных параметров указывает на возможность создания на территории города взаимно дополнительных систем мониторинга и пересчета данных наблюдений из одной среды на другую.

Интерполяция по территории города фоновых концентраций бенз(а)пирена. В настоящее время в Унифицированной программе расчёта загрязнения атмосферы фон интерполируется по следующей формуле при безразмерном параметре $\alpha = 2$ [3, 4]

$$C_{\Phi_j} = \frac{\sum_{i=1}^{n'_n} \frac{C_{\Phi_i}}{r_{ij}^\alpha}}{\sum_{i=1}^{n'_n} \frac{1}{r_{ij}^\alpha}}, \quad (1)$$

где C_{Φ_i} - значение фона для i -того ПНЗ; C_{Φ_j} - значение фона для j -той расчётной точки, не совпадающей ни с одним ПНЗ; r_{ij} (км) – удаление i -того ПНЗ от j -

той расчётной точки; n'_{Π} - число ПНЗ, для которых установлены значения $C_{\phi i}$ рассматриваемого вещества.

Рекомендованное в формуле (1) значение $\alpha = 2$ принято на основании учёта некоторых общих закономерностей атмосферной диффузии слабооседающей примеси от большого числа низких источников, рассредоточенных по значительной территории. В частности, к ним следует отнести автомагистрали, источники частного сектора, пылящие поверхности на территории города и т.д.

Регулярные измерения загрязнения атмосферного воздуха БП в г. Новосибирске проводятся на трёх-шести ПНЗ, что явно недостаточно для объективной



Рис. 4. Интерполированное поле значений концентрации бенз(а)пирена (нг/л) в снежном покрове г. Новосибирска по 9 постам 2010/11 г.

оценки загрязнения БП территории всего города. Для выхода из этой непростой ситуации могут быть использованы дополнительные наблюдения загрязнения снежного покрова в различных точках города, в том числе и на городских постах.

С использованием соотношения (1) на рис. 4 представлены результаты интерполяции полей загрязнения БП снежного покрова по измерениям его вблизи девяти ПНЗ в конце зимнего сезона 2011 г.

Интерполяционное поле БП на рис. 4 имеет довольно характерную структуру и вполне пригодно для оценок атмосферного загрязнения. Следует отметить, что его не следует использовать на значительных удалениях от рассматриваемых постов, особенно за пределами городской территории.

Заключение

Результаты экспериментальных исследований и численного анализа данных наблюдений загрязнения атмосферного воздуха и снегового покрова на стационарных постах Гидрометеослужбы г. Новосибирска позволили установить качественные и количественные закономерности между концентрациями ряда компонентов примеси, таких как сажа и бенз(а)пирен (ПАУ); оксиды азота и нитрат/нитрит-анионы; диоксид серы и сульфаты; взвешенные вещества и осадок. Результаты этих исследований могут быть использованы для взаим-

ного контроля данных наблюдений в снеге и приземном слое воздуха, существенно дополнить в зимнее время стационарную сеть наблюдений.

Полученные зависимости указывают на возможность создания экономической системы мониторинга и получения на её основе более детальной оценки состояния длительного загрязнения атмосферы города в зимнее время и определения источников на его территории. В дальнейшем, проведенные исследования могут послужить основой для установления нормативных критериев (ПДК) по измерениям загрязнения снегового покрова.

Работа выполнена при поддержке Программы РАН 4.9.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглая Э.Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 199 с.
2. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеоиздат, 1985. 182 с.
3. Берлянд М.Е., Безуглая Э.Ю., Генихович Е.Л., Зашихин М.Н., Оникул Р.И. О методах определения фонового загрязнения атмосферы в городах // Труды ГГО, 1984. – Вып. 479. - С.17-30.
4. Грачёва И.Г., Оникул Р.И., Яковлева Е.А. Об интерполяции по территории города фоновых концентраций атмосферных примесей // Труды ГГО, 1998. - Вып. 549 - С. 98-107.

© Т. В. Ярославцева, В. Ф. Ранута, 2015

ПЕРВИЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ТИПОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ

Валерий Николаевич Антонов

Сибирский центр ФГБУ «НИЦ "Планета"», 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Советская, 30, директор, тел. (383)334-45-42, e-mail: avn@rcpod.siberia.net

Михаил Геннадьевич Захватов

Сибирский центр ФГБУ «НИЦ "Планета"», 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Советская, 30, заведующий отделом НИР, тел. (383)334-45-42, e-mail: zahvatov@rcpod.ru

Анжелика Андреевна Косторная

Сибирский центр ФГБУ «НИЦ "Планета"», 630099, Россия, г. Новосибирск, ул. Советская, 30, младший научный сотрудник, тел. (383)334-45-42, e-mail: kostornaya@rcpod.ru

В статье представлен обзор методики получения карт облачных продуктов - классификации облачности, температуры и высоты ВГО, на основе данных AVHRR. Методика позволяет получать информацию независимо от времени года и оценивать поле облачности почти над всей территорией России.

Ключевые слова: классификация облачности, Байесовская облачная маска, количественные характеристики облачности, синоптические процессы.

PRIMARY RESULTS THE NEW TECHNOLOGY FOR GENERATING QUANTITATIVE CLOUD PRODUCTS

Valeriy N. Antonov

Siberian State Research Center «Planeta», 630099, Russia, Novosibirsk, 30 Sovetskaya St., director, tel. (383)334-45-42, e-mail: avn@rcpod.siberia.net

Mikhail G. Zakhvatov

Siberian State Research Center «Planeta», 630099, Russia, Novosibirsk, 30 Sovetskaya St., head of department, tel. (383)334-45-42, e-mail: zahvatov@rcpod.ru

Angelika A. Kostornaya

Siberian State Research Center «Planeta» 630099, Russia, Novosibirsk, 30 Sovetskaya St., junior researcher, tel. (383)334-45-42, e-mail: kostornaya@rcpod.ru

In the article an overview of a methodology producing maps of cloud products – the clouds classification, cloud-top height and temperature is presented. Data AVHRR is used. The technique allows to obtain information independently of the seasons and estimate cloudy over the territory of Russia.

Key words: the clouds classification, Bayesian cloud mask, quantitative characteristics of cloud, synoptic processes.

Телевизионная и инфракрасная аппаратура дает возможность получать изображения Земли днем и ночью, позволяющие изучать особенности структу-

ры и распределения ее облачного покрова. Формы и структура облачных образований, их эволюция и перемещение отражают сложный комплекс физических процессов, протекающих в атмосфере. От характера процессов зависит картина распределения облачности на снимках. Важно и то, что тенденции в изменении и развитии синоптических процессов обнаруживаются в поле облачности раньше, чем эти признаки появляются в поле температуры и давления на картах погоды [1]. Так, используя снимки облачности, можно идентифицировать и проследить в глобальном масштабе различные синоптические объекты, ведь атмосферным процессам и барическим образованиям соответствуют определенные типы облачности – для холодного фронта второго рода это мощные кучево-дождевые формы, для струйного течения характерны широкие четкие полосы перистых форм, для различных стадий развития циклона это определенные формы облачных массивов и т. д.

Поэтому, важное значение имеет корректное дешифрирование облачности на исходных космических изображениях. В последние десятилетия разрабатывается большое количество технологий позволяющих осуществить не только автоматическое дешифрирование облачных массивов, но и получить информацию о количественных и качественных характеристиках облачности, позволяющих более подробно судить о мощности форм, а следовательно и о степени развития атмосферных процессов [2]. Но несмотря на наличие различных технологий для обнаружения и классификации облачности, нерешенным остается ряд проблем – невозможность детектирования облачности над заснеженными поверхностями, и небольшой охват территории. Поэтому, внедрение новых методов по детектированию облачности предоставляющих всю необходимую информацию об облачности, охватывающих максимально возможную территорию и работающих независимо от времени года и суток, значительно облегчило бы анализ текущей погоды.

На основе совместных разработок NOAA/NESDIS и Объединенного Метеорологического Университета Висконсин (Мэдисон, США) нами внедрена методика, с помощью которой могут быть получены следующие продукты - карты классификации облачности, температуры и высоты ВГО. В основе лежит несколько различных технологий (алгоритмов), часть из которых была улучшена и адаптирована для средних широт:

- алгоритм обнаружения облачности;
- алгоритм определения типов облачности и ее фазового состояния;
- алгоритм определения количественных характеристик облачности на верхней границе облачности (давление (P), температура (T), высота (H));
- алгоритм определения оптических и микрофизических свойств облака (оптическая толщина облака (τ) и эффективный радиус частиц (r_e)).

В качестве исходных спутниковых данных на данном этапе исследования обрабатываются файлы Level-1b AVHRR. Также, используются различные вспомогательные данные – моделей численных прогнозов погоды (NWP (NCEP)), расчеты моделей переноса излучения, маски побережий, снега, пустынь и т.д [3].

Первый этап методики - построение облачной маски, т.е. обнаружение поля облачности на всех пикселях. Процедура является "базовой" и необходима для расчета других алгоритмов. Основной расчет алгоритма основывается на упрощенной версии подхода Байеса – с помощью которого для каждого пикселя рассчитывается вероятность быть облачным:

$$P(C_{yes} | F) = \frac{P(C_{yes}) \prod_{i=1}^N P(F_i | C_{yes})}{P(F)}, \quad (1)$$

$$P(F) = P(C_{yes}) \prod_{i=1}^N P(F_i | C_{yes}) + P(C_{no}) \prod_{i=1}^N P(F_i | C_{no}), \quad (2)$$

где $P(C_{yes})$ и $P(F | C_{yes})$ - априорная и апостериорная вероятности любого пикселя быть облачным. Компоненты набора функций F – классификаторы облачной маски, или тесты, которым подвергается каждый пиксель. Классификаторы используют расчеты для отделения облачных пикселей от ясных, основанные на различных длинах волн, или сочетаниях длин волн. Итоговая облачная маска имеет четыре уровня - ясно, возможно ясно, облачно и возможно облачно, в зависимости от значений вероятности [4].

После создания облачной маски запускается алгоритм классификации облачных пикселей. Технология основана на различных интенсивностях поглощения излучения у воды и льда в интервале длин волн от 11 до 13,5 мкм. В результате получается карта классификации облачности со следующими типами - водная облачность, облачность переохлажденной воды, облачность непрозрачного льда, перистая облачность, облачность смешанных фаз, облачность глубокой конвекции и многослойная облачность [5]. Но полученная типизация облачности не включает в себя привычную морфологическую классификацию облачности, что затрудняет понимание полученной информации пользователем. Поэтому, данная типизация облачности была расширена пороговой методикой. В качестве параметров разделения облачности по классам, использовались значения высоты ВГО - как показателя яруса облачности и количества влаги для оценки ее мощности. Для нахождения этих облачных характеристик были задействованы дополнительные методики.

Высота облачности находится с помощью технологии split-window. S-W позволяет определить температуру верхнего слоя облака используя измерения яркостной температуры на 11 и 12 мкм (для AVHRR) и информацию об облачной микрофизике, представленной параметром β :

$$\beta = \frac{\ln(1 - \varepsilon_{c,12})}{\ln(1 - \varepsilon_{c,11})}, \quad (3)$$

Температура ВГО рассчитывается на основе матрицы Якоби, с привлечением модели переноса излучения. Высота облака находится по температурным профилям численных прогнозов погоды используя найденную температуру как входную функцию [6]. Полученные величины (T и H) являются информативными продуктами, дающими важную информацию о степени развития облачных образований (рис. 1).

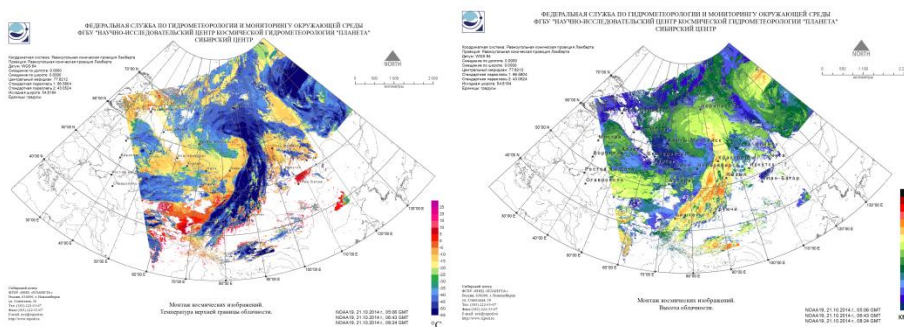


Рис. 1. Карты T (°C) и H (км) ВГО, NOAA19 за 21.10.2014, 08:24 GTM

Оценка содержания воды в облачности осуществляется параметрами LWP – для водной и смешанной облачности, и IWP – для ледной (при предположении, что содержание жидкости в облаке распределено согласно адиабатическому закону):

$$LWP = \frac{5}{9} \rho_w \tau r_{e,top}, \quad (4)$$

$$IWP = \frac{\tau^{1/0,84}}{0,065}, \quad (5)$$

где τ - оптическая толщина облака, $r_{e,top}$ - эффективный радиус частиц у ВГО, ρ_w - плотность жидкой воды. Величины τ и r_e выводятся из решения частного случая уравнения переноса излучения, используя наблюдения в каналах 0,6 и 3,7 мкм [7].

В итоге, на основе полученных количественных характеристик – высоты ВГО облачности и содержания воды в ней, стало возможным осуществление пороговой классификации. Так, типизация облачности, полученная ранее, была разделена пороговой методикой (табл. 1) на дополнительные классы. Причем, пороги различны для холодного и теплого времени года.

Таблица 1

Классы облачности, полученные с использованием пороговой методики

Ci+Cb	Ci+med	Ci; Cs	Cu; Ac	Cu; Sc
Многослойная облачность, верхний ярус над облачным слоем более низкого яруса (Cu, Cb, Ns)	Многослойная облачность, верхний ярус над средним или нижним ярусом (St, As, Sc, Ac)	Класс перистообразных (Ci, Cs, Cc)	Преимущественно Ac, отдельные маломощные Cu, или плотные As	Преимущественно Sc, небольшой мощности Cu, и иногда Ac
Ns; Cb	St; As	Low+As	Cb cap; Cb calv	Cb inc
Ns, мощные Cu, мало развитые по вертикали Cb (Cb hum)	As (в теплое время года), St, низкие Ac, Sc	Многослойная облачность, нижний ярус - Ns, St, Sc, Cu под As, реже Ac	Помимо указанных, могут включать в себя также мощные Cu	Кучево-дождевые облака с наковальней

Готовая карта классификации облачности (рис. 2) позволяет даже неопытному пользователю, не разбирающемуся в расшифровке снимков облачности, извлечь необходимые сведения и сделать соответствующие выводы.

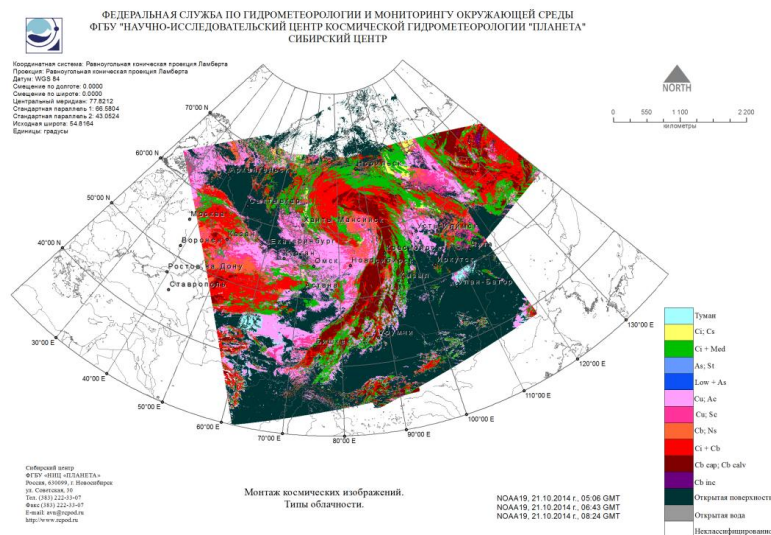


Рис. 2. Расширенная классификация облачности, NOAA19 за 21.10.2014, 08:24 GTM

Полученные продукты (рис. 1, 2) являются важным источником информации, который вместе с анализом традиционных метеорологических данных в ряде случаев улучшает диагноз и прогноз развития синоптических процессов и условий погоды, и ярко отражает текущую синоптическую обстановку. Карты можно использовать для мониторинга крупномасштабных облачных полос, оценки мощности облачных образований и степени их опасности для различных областей и структур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гарбук С. В., Гершензон В. Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли // М.: Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
2. Герман М. А. Космические методы исследования в метеорологии // Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 354 с.
3. Heidinger A. The clouds from AVHRR Extended User's Guide. Version 5.4.1 / A. Heidinger // NOAA Center for Satellite Applications and Research (STAR). – 2014. – 60 с.
4. Heidinger A. A naive Bayesian cloud-detection scheme derived from CALIPSO and applied within PATMOS-x / A. K. Heidinger, A. T. Evan, M. J. Foster, A. Walther // Journal of Applied Meteorology and Climatology. – Volume 51. – Issue 6. – 2012. – С. 1129–1144.
5. Pavolonis M. Daytime cloud overlap detection from AVHRR and VIIRS / M. J. Pavolonis, A.K. Heidinger // Journal of Applied Meteorology. – 2004. – V. 43. – С. 762–778.
6. Pavolonis M. Gazing at Cirrus Clouds for 25 Years through a Split-Window. Part I: Methodology in press / M. J. Pavolonis, A. K. Heidinger // Journal of Applied Meteorology. – 2009. – V. 48. – С. 1100–1116.
7. Walther A. Implementation of the Daytime Cloud Optical and Microphysical Properties algorithm (DCOMP) in PATMOS-x / Journal of Applied Meteorology and Climatology // A. Walther, A.K. Heidinger. –V. 51. – Issue 7. – 2012. – С.1371-1390.

© В. Н. Антонов, М. Г. Захватов, А. А. Косторная, 2015

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АГРЕГАЦИИ ДЛИННЫХ
РЯДОВ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Елена Александровна Мамаш

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, кандидат физико-математических наук, и. о. зав. лабораторией, тел. (383)334-91-77, e-mail: elenamamash@gmail.com

Дмитрий Евгеньевич Аюнов

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, ведущий программист лаборатории естественных геофизических полей, тел. (383)333-03-99, e-mail: AyunovDE@ipgg.sbras.ru

Владимир Андреевич Кихтенко

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, младший научный сотрудник, тел. (383)334-91-08, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Валентин Валентинович Смирнов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, инженер-исследователь, тел. (383)334-91-08, e-mail: valentin.smirnov@gmail.com

Дмитрий Леонидович Чубаров

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

В статье обсуждается эффективность использования новых технологий доступа к большим архивам спутниковых данных для изучения температурных режимов территорий посредством анализа длинных временных рядов спутниковых данных на примере территории Семипалатинского полигона.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, MODIS, MOD11, температурный режим, Семипалатинский полигон.

**STUDY OF LAND SURFACE TEMPERATURE ON SEMIPALATINSK
NUCLEAR TEST RANGE VIA SPATIAL-TEMPORAL AGGREGATION
OF LONG SERIES OF SATELLITE MEASUREMENTS**

Elena A. Mamash

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev avenue, Ph. D., Laboratory – Center of Monitoring of Social and Economic Processes and Environment, tel. (383)334-91-77, e-mail: elenamamash@gmail.com

Dmitry E. Ayunov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Ave, Ph. D., Laboratory of natural geophysical fields, tel. (383)333-03-99, e-mail: AyunovDE@ipgg.sbras.ru

Vladimir A. Kikhtenko

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-08, e-mail: kikht@ict.nsc.ru

Valentin V. Smirnov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-08, e-mail: valentin.smirnov@gmail.com

Dmitri L. Chubarov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev Ave, tel. (383)334-91-15, e-mail: dchubarov@ict.nsc.ru

We evaluate an approach to the study of regional land surface temperature trends using a large archive of satellite remote sensing data. We apply this technology and toolset to the study of temperature anomalies observed around the Semipalatinsk nuclear test range.

Key words: remote sensing, MODIS, MOD11, land surface temperature, Semipalatinsk nuclear test range.

Весной 1997 г. в процессе мониторинга снежного покрова территории Казахстана были обнаружены температурные аномалии в районе Семипалатинского испытательного полигона (СИП) – на космических снимках серии NOAA AVHRR четко выделялись бесснежные зоны, характеризующиеся повышенной температурой подстилающей поверхности. Основным интерес вызывал вопрос о возможных причинах возникновения аномалии. Обсуждались, главным образом, две гипотезы происхождения температурной аномалии – природные тектонические процессы и последствия ядерных взрывов.

По результатам этих исследований можно сделать следующие выводы.

1. Бесснежное пятно существует с середины января до середины марта с вариациями площади и температуры в различные годы, аномальная зона вытянута с северо-запада на юго-восток, а ее ось совпадает с Главным Чингизским разломом. Выделены два устойчивых очага повышенных температур, несовпадающие с площадками подземных ядерных взрывов. Делается вывод в пользу гипотезы о естественной природе этой «глобальной» температурной аномалии, хотя имеется ряд вопросов для дальнейших комплексных исследований [1-3].

2. Предположение о том, что источником восходящих газообразных тепловых потоков могут являться продукты радиолиза и «тлеющих» реакций деления радиоактивных частиц в сильно увлажненном почвенном слое [4].

3. Выявлены устойчивые «локальные» тепловые аномалии на дневной поверхности в области откольных зон подземных ядерных взрывов, имеющих «возраст» до 20 и более лет [5].

В результате проведенных исследований остались нерешенными и неподтвержденными до конца предположения о существовании «глобальной» тепловой аномалии, ее связи с «локальными» аномалиями, и природе этих аномалий. Существование «аномальных» беснежных зон можно наблюдать по сей день, например, на приведенных на рис. 1. космических снимках, выполненных сенсором MODIS, установленным на спутниках Terra/Aqua.

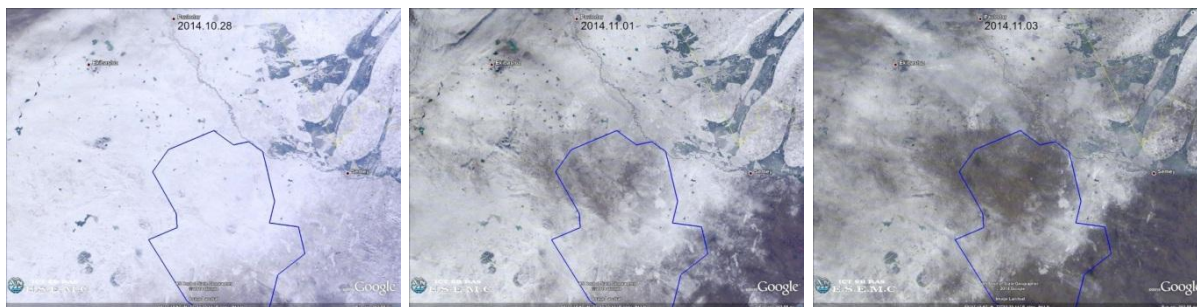


Рис. 1. Беснежное пятно на территории СИПа (конец октября - начало ноября 2014 г.)

В настоящее время данные сенсора MODIS являются одним из наиболее популярных источников спутниковой информации, в EOSDIS накоплен доступный архив данных, начиная с 1999.

Для сенсоров Terra/Aqua MODIS характерны узкие спектральные каналы в диапазоне 0.405-14.385 мкм, что позволяет получать различные характеристики подстилающей поверхности и атмосферы в том числе, продукты, связанные с детектированием термальных аномалий и мониторингом температуры подстилающей поверхности. Полное название линейки продуктов с температурой поверхности, MODIS MOD11. Ранее анализ спутниковой информации, касающейся аномалии на СИП [1-3], по причинам, связанным с трудоемкостью обработки больших объемов спутниковой информации, ограничивался привлечением отдельных сцен.

С целью интеграции различных типов данных мониторинга в информационной системе, построенной на основе активного архива ИВТ СО РАН, предложена оригинальная технология доступа к архивам спутникового и наземного мониторинга, основанная на реляционной модели данных и реализован прототип системы извлечения данных. Технология имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной технологией работы со спутниковыми данными [6]:

- работа с данными эквивалентна работе с таблицами значений, не требует использования специализированного программного обеспечения, в том числе загрузки и анализа отдельных снимков - одним запросом обрабатывается группа снимков, выбранных по заданным признакам;
- пользователю предоставляется возможность исследования многолетней динамики процессов как в отдельно взятой точке, так и на выделенном полигоне;

- математическая и статистическая обработка данных происходит производится ядром СУБД в момент выполнения SQL запросов;
- возможность быстрой оценки основных статистических характеристик используемой в работе выборки спутниковых данных, и ее качества.

Для изучения тепловых режимов, связанных с исследованием существования тепловой аномалии на территории СИП была использована предложенная технология доступа к длинным рядам пространственно-временной информации. На рис. 2а построено распределение максимальных значений средних температур марта в районе полигона за 13 лет, с 2001 по 2013 гг., где граница многолетней аномалии хорошо согласована с осью Главного Чингизского разлома. В качестве исходных данных использовались восстановленные значения температуры поверхности Земли (сенсор Terra/MODIS, продукт MOD11). Существование области повышенных температур также подтверждается и для бесснежных участков, обнаруженных осенью 2014 года (рис. 1). На рис. 2б можно видеть, что локализация области высоких температур вполне соответствует бесснежным зонам, приведенным на рис. 1.

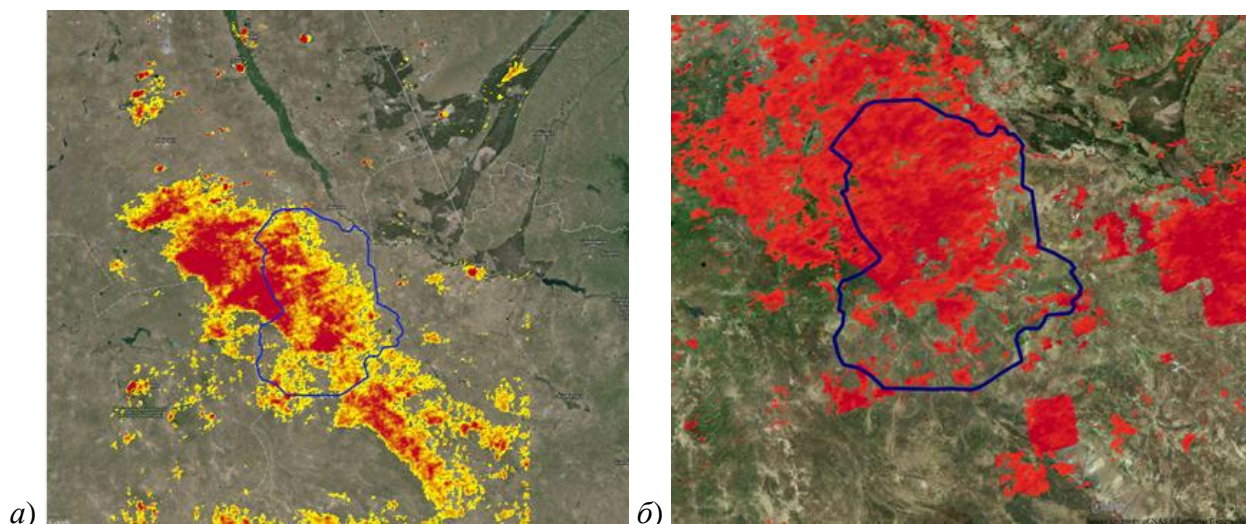


Рис. 2 а. Средняя ночная температура (LST, MOD11) в районе Семипалатинского полигона за 12 лет (март, 2001-2013гг); б – Распределение максимальных средних температур на момент существования бесснежного пятна (конец октября-начало ноября 2014 г.)

Важным этапом анализа при обнаружении температурных аномалий является качественная оценка полученных результатов, в том числе выявление возможных причин возникновения аномалии. Это потребует, во-первых, более детального исследования особенностей использования спутниковых продуктов типа MOD11, а, во-вторых, привлечения дополнительных источников данных, особенно серий регулярных наземных измерений.

По ранее полученным результатам разовых наземных исследований аномалия не подтвердилась [7]. Превышения температуры грунтов на 10 °С фикси-

руемого по космоснимкам [1-3] в пределах аномалии не было отмечено, что может быть связано с краткосрочностью исследований. На следующем этапе работы, предполагается установить регулярные поверхностные температурные наблюдения [8] на нескольких показательных участках полигона, различающихся типом растительно-почвенного покрова, рельефа, геологического строения, зон разломов и т.д. Сравнение полученных результатов наблюдений с данными спутниковых измерений позволит дать оценку обоснованности утверждения о существовании тепловой аномалии на территории СИПа.

Актуальным является вопрос исследования локальных тепловых аномалий, приуроченных к эпицентральных полостям подземных ядерных взрывов. Предполагается, что аномалии обусловлены подземным горением углистых пород, это создает реальную опасность внезапных выбросов подземных газообразных продуктов, сопровождающихся их возгоранием. Существующие на данном этапе непосредственные наблюдения [8] обращают внимание на температурные особенности изученной части полигона. В скважинах площадки Балапан температура пород на 20 м выше (>8 °С) среднегодовой «фоновой» температуры (6-7 °С), характерной для северной части Центрального Казахстана. Выделяются аномально разогретые пункты, в которых температура на глубине 20 м превышает 9,5-10 °С, отличающиеся также большим температурным градиентом. Возникает задача определения границ применимости данных дистанционного зондирования для выделения локальных тепловых аномалий, в том числе обусловленных выходом газов на поверхность через зоны разломов и трещиноватости.

Таким образом, с одной стороны, показана эффективность использования новых технологий доступа к большим архивам спутниковых данных для изучения температурных режимов территорий посредством анализа длинных временных рядов спутниковых данных. С другой стороны, возникает сопутствующая проблема интерпретации полученных результатов, выделения факторов, влияющих на формирование температурных показаний, валидации результатов на базе наземных измерений, постановки и решения задачи выделения локальных тепловых аномалий с целью обнаружить участки возможной дегазации на СИП и тем самым подтвердить необходимость дальнейших наземных исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sultangazin U. Monitoring of temperature Anomalies in the former Semipalatinsk Nuclear Test Site / U. Sultangazin, E. Zakarin, L. Spivak, et al. // Acad. Sci. Paris - 1998. - Vol. 326, Serie IIb. - Metodologie, instrumentation. - P. 135-140.
2. Спивак Л.Ф. Космический мониторинг температурного режима района Семипалатинского испытательного полигона: 10 лет наблюдений / Л.Ф. Спивак и др. // Вестник НЯЦ РК, 2006. – Вып. 2. – С. 97–103.
3. Zakarin E. Geoinformation Modeling of Radionuclide Transfer from the Territory of the Semipalatinsk Test Site / E. Zakarin, L. Balakay, B. Mirkarimova, et al. // FP6 EC CA - ENVIRONMENTAL RISKS Scientific Report 08-06, Copenhagen 2008. – 40 p.

4. Мелентьев М. И. О природе региональной тепловой аномалии в районе Семипалатинского испытательного полигона, выявленной по данным дистанционного космического зондирования / М.И. Мелентьев, А.Е. Великанов // Геофизика и проблемы нераспространения. 2003. Вып. 2.

5. Андреев А. И. Идентификация мест выхода газообразных радиоактивных продуктов из горного массива на дневную поверхность по проявлениям тепловой аномалии в эпицентральной зоне подземного ядерного взрыва // Вестн. ТОГУ – 2008. – №1(8).– С. 37-44.

6. Кихтенко В.А. hVault: технология доступа к архиву спутниковых данных / В.А. Кихтенко, Д.Л. Чубаров, В.В. Смирнов // XII Всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 10-14 ноября 2014), тезисы докладов. – Москва: ИКИ РАН. – 2014. – С. 117

7. Айдарханов А.О. Комплексное исследование температурных аномалий на территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона / А.О. Айдарханов, В.Н. Дмитропавленко, С.Б. Субботин и др. // Ядерная и радиационная физика: Материалы 5-ой Междунар. конф. Т. III: Радиационная экология. Ядерно-физические методы в медицине и промышленности. – Алматы: ИЯФ НЯЦ РК, 2006. – С. 143-154

Дучков А.Д. Результаты исследований температурного поля в наблюдательных скважинах Семипалатинского полигона (Восточно-Казахстанская область) / А.Д. Дучков, Д.Е. Аюнов, М.Е. Пермяков // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 2, ч. 1. – С. 42–47.

© *Е. А. Мамаи, Д. Е. Аюнов, В. А. Кихтенко, В. В. Смирнов, Д. Л. Чубаров, 2015*

МЕТОД ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ И ЕГО МОДИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Игорь Алексеевич Пестунов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, заведующий лабораторией обработки данных, тел. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

Павел Владимирович Мельников

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, аспирант, тел. (383)334-91-55, e-mail: pvm96@yandex.ru

В работе представлены результаты экспериментального сравнения классического метода главных компонент (МГК), блочного метода главных компонент (БМГК) и метода MNF (Minimum Noise Fraction) для выделения информативных признаков при классификации гиперспектральных данных. Показано, что признаки, полученные методом MNF и БМГК, обеспечивают более высокое качество распознавания по сравнению с признаками, полученными МГК.

Ключевые слова: выделение признаков, классификация, гиперспектральные изображения, метод главных компонент.

PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS AND ITS MODIFICATIONS IN HYPERSPPECTRAL IMAGE CLASSIFICATION

Igor A. Pestunov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., head of Data Processing Laboratory, tel. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

Pavel V. Melnikov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., postgraduate student, tel. (383)334-91-55, e-mail: pvm96@yandex.ru

Three methods of feature extraction for hyperspectral image classification are compared in this work: principal component analysis (PCA), block principal component analysis (BPCA) and minimum noise fraction (MNF). It is shown that BPCA and MNF produce better classification results than PCA.

Key words: feature extraction, classification, hyperspectral images, principal component analysis.

В последние годы в связи с интенсивным развитием средств и технологий дистанционного зондирования все большую актуальность приобретает задача распознавания гиперспектральных изображений [1]. Главными особенностями таких изображений являются большое число спектральных каналов, которое может достигать нескольких сотен, и малая ширина каждого канала (порядка нескольких нанометров).

В силу большого объёма данных многие распространённые методы анализа цифровых изображений не могут быть использованы при обработке гиперспектральных изображений. Ограничения могут быть связаны как с теоретическими требованиями их корректного применения к данным большой размерности, так и с неприемлемым увеличением времени работы алгоритмов или объёма используемой памяти.

При классификации гиперспектральных изображений с обучением актуальной становится проблема репрезентативности обучающей выборки (ОВ). Известно [1], что для обеспечения приемлемого качества классификации минимальный объём ОВ для параметрических классификаторов составляет $\sim 10k$ точек на класс (где k – число каналов), для непараметрических – $50k$ точек. На практике получение ОВ таких объёмов, как правило, не представляется возможным. Таким образом, задача сокращения числа признаков при классификации с обучением является особенно актуальной.

Существует целый ряд методов для сокращения размерности пространства признаков: метод главных компонент, факторный анализ, метод случайных проекций, самоорганизующиеся карты Кохонена и др. [3]. В данной работе производится экспериментальное сравнение трех методов выделения признаков, используемых при обработке гиперспектральных изображений: 1) классический метод главных компонент (МГК) [3], 2) блочный метод главных компонент (БМГК) [4] и 3) метод MNF (Minimum Noise Fraction) [3, 5].

Метод главных компонент предназначен для выделения некоррелированных комбинаций признаков среди коррелированных данных, в том числе в задачах обработки гиперспектральных изображений. Он заключается в следующем. Пусть $\mathbf{x}_1, \dots, \mathbf{x}_m \in R^n$ – векторы спектральных яркостей пикселей изображения. Требуется найти ортогональную систему координат, в которой корреляции между отдельными координатами векторов данных равны нулю. Задача сводится к диагонализации выборочной ковариационной матрицы,

$$C = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \mathbf{x}_k \mathbf{x}_k^T - \bar{\mathbf{x}} \bar{\mathbf{x}}^T, \text{ где } \bar{\mathbf{x}} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \mathbf{x}_k \text{ – выборочный вектор средних значений.}$$

Решение задачи о поиске ортогональных систем координат с наибольшей дисперсией по координатам – это ортонормированный набор собственных векторов $\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_m$ матрицы C , расположенных в порядке убывания собственных значений $\lambda: \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$. Матрица C симметрична и неотрицательно определена, поэтому для вычисления максимальных собственных значений можно применять итерационный алгоритм, при котором на каждой следующей итерации из корреляционной матрицы вычитается её проекция на главную компоненту, вычисленную на предыдущей итерации: $C^{(i+1)} = C^{(i)} - \lambda^{(i)} \mathbf{v}^{(i)} \mathbf{v}^{(i)T}$, где $\lambda^{(i)}$, $\mathbf{v}^{(i)}$ – собственное значение и соответствующий собственный вектор, вычисленные на i -й итерации. В базисе из собственных векторов коэффициент корреляции между различными координатами равен нулю, и i -я координата в новом базисе является искомой i -й главной компонентой.

Метод MNF в последние годы получает все большее распространение для выделения признаков и уменьшения шума в гиперспектральных изображениях [5,6]. В основе метода лежит идея построения линейного преобразования признаков, при котором в новой системе координат отношение сигнал/шум уменьшается с увеличением номера координаты. В рамках этого метода данные представляются как сумма полезного сигнала и некоррелированного с ним шума: $\mathbf{x}_i = \mathbf{s}_i + \mathbf{n}_i \in R^n$. Матрица ковариации в таком случае может быть представлена в виде $C = C_s + C_n$. В отличие от МГК, в данном методе производится диагонализация матрицы $C^{-1}C_n$ с помощью аналогичных преобразований. Каждое собственное число λ_i этой матрицы характеризует отношение сигнал/шум в соответствующей компоненте. Для этого метода требуется априорное знание компонент шума n_i или ковариационной матрицы шума C_n . В реальных задачах при отсутствии такой информации вместо нее используется оценка шума на основе исходных данных (например, с помощью метода автокорреляции). Однако в случае большого количества перепадов яркости на изображении автоматическая оценка шума может не обеспечить качественных результатов. В частности, в работе [6] показано, что при классификации изображений антропогенных территорий этот метод уступает по качеству методу главных компонент.

Блочный метод главных компонент. Идея метода заключается в том, что каналы гиперспектрального изображения, обладающие сильной взаимной корреляцией, расположены последовательными блоками. Поэтому, разделив множество каналов на блоки, обладающие высокой внутриблочной корреляцией, и произведя выделение информативных признаков в каждом блоке, можно получить набор признаков, содержащий большее количество информации, чем набор признаков того же объема, полученный традиционным МГК.

БМГК включает в себя три этапа. На первом этапе происходит разделение множества каналов изображения на блоки на основе анализа матрицы корреляции. В один блок относятся соседние каналы, обладающие взаимной корреляцией больше некоторого порога. На втором этапе к каждому блоку признаков применяется МГК. Заключительный этап состоит в выборе необходимого количества информативных компонент из каждого блока. В данном исследовании информативные признаки выбирались посредством визуального анализа полученных компонент. Этот способ позволяет относительно точно оценить информативность каждого признака.

Результаты экспериментальных исследований. В качестве тестового изображения в данной статье использовалось изображение Indian Pines, полученное сенсором AVIRIS [5]. Этот снимок часто используется при исследовании алгоритмов анализа гиперспектральных изображений. Размер изображения составляет 145×145 пикселей, каждый пиксель представлен вектором из 224 значений спектральных яркостей в диапазоне 400–2500 нм. Для него существует эталонная картосхема, содержащая 16 тематических классов (посадки кукурузы, сои, люцерны, пшеницы и др.) и класс фона (рис. 1).

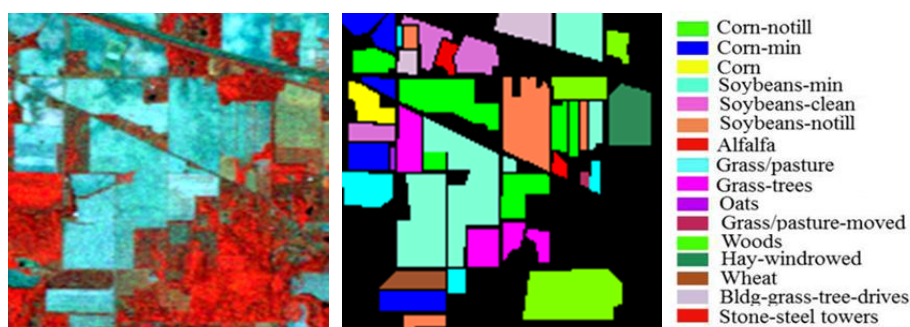


Рис. 1. RGB-композит (слева) и эталонная картосхема (справа) тестового изображения Indian Pines.

Количество выделенных блоков и количество выбранных информативных каналов в каждом блоке при использовании БМГК представлено в табл. 1. Общее число признаков, выделенных этим методом, равнялось 21, поэтому в экспериментах с МГК и MNF также был использован 21 признак.

Таблица 1

Число информативных компонент для каждого блока каналов при использовании БМГК

Номер блока	1	2	3	4	5
Число исходных каналов	36	42	19	34	57
Число главных компонент	4	5	3	4	5

Для оценки эффективности предложенного метода было выполнено сравнение результатов классификации тестового изображения по всем спектральным каналам и с использованием подсистем признаков, полученных рассматриваемыми методами. Производилось сравнение следующих наборов признаков:

- 1) 21 признак, полученный БМГК,
- 2) 21 главная компонента, полученная МГК,
- 3) 21 признак, полученный методом MNF,
- 4) 10 признаков, полученных методом MNF,
- 5) полный набор из 188 нешумовых каналов (из исходных 224 каналов были удалены те, которые содержат спектральные полосы поглощения атмосферы).

Классификация с обучением производилась с помощью метода опорных векторов (Support Vector Machine, SVM) [7] и метода максимального правдоподобия (Maximum likelihood, ML).

Метод SVM получил широкое распространение в задачах классификации данных высокой размерности. Экспериментальные исследования показывают [8], что при классификации гиперспектральных изображений этот алгоритм превосходит многие другие по качеству классификации. В данной работе использовался алгоритм SVM с ядром на основе радиальной базисной функции (RBF).

Алгоритм максимального правдоподобия является классическим алгоритмом классификации с обучением, который широко применяется при распознавании изображений. К сожалению, в пространстве большой размерности при ограниченных объемах ОБ данный классификатор неприменим. Поэтому он не применялся для классификации по полному набору признаков.

В ходе экспериментов для оценки точности классификации был использован метод контрольной выборки; рассматривались выборки объемом 25, 50, 100, 200, 300 и 400 точек на класс. Точки ОБ выбирались на эталонной картосхеме случайным образом. Для классов, содержащих меньше точек, чем необходимый объем обучающей выборки, выбиралось по 20 точек.

Результаты приведены на рис. 2 и в табл. 2. В них приведена средняя точность классификации, полученная в ходе проведения 15 независимых экспериментов. Результаты показывают, что классификация по полному набору признаков обеспечивает лучшее качество, чем по набору признаков МГК. Набор признаков БМГК обеспечивает более высокое качество, чем набор МГК, а при малом объеме ОБ он оказывается существенно лучше, чем полный набор признаков. Признаки, полученные методом MNF, обеспечивают наилучшие результаты (при малых ОБ лучшее качество обеспечивает набор из 10 признаков, а при больших – набор из 21 признака). При больших объемах ОБ качество результатов наборов БМГК и MNF практически совпадает.

Таблица 2

Точность классификации по различным наборам признаков при использовании обучающих выборок разного объема

Алгоритм	Признаки	Число признаков	Объем выборки					
			25	50	100	200	300	400
SVM	БМГК	21	75,2	79,8	83,7	87,1	87,8	87,7
	МГК	21	69,0	75,7	82,2	85,3	84,8	85,3
	MNF	21	74,9	81,0	85,7	89,3	89,8	89,9
	MNF	10	80,7	83,5	86,3	87,7	88,1	87,6
	все	188	70,8	78,2	83,6	88,9	87,9	86,8
ML	БМГК	21	54,6	76,7	82,2	85,0	83,0	81,3
	МГК	21	52,6	75,1	81,1	84,3	82,2	80,8
	MNF	21	57,5	78,9	84,6	87,4	85,2	83,1
	MNF	10	77,6	82,2	84,6	85,7	86,0	85,6

Небольшое ухудшение результатов при большом объеме ОБ (300–400 точек), по-видимому, обусловлено тем, что в эталонной картосхеме присутствуют классы малых размеров (самый маленький класс содержит 22 точки).

Таким образом, результаты классификации гиперспектрального изображения сельскохозяйственных угодий показали, что признаки, полученные методом MNF и БМГК, обеспечивают лучшее качество распознавания, чем признаки, полученные с помощью МГК. Метод MNF обеспечивает наилучшее качество при

малых объемах обучающей выборки, при этом увеличение количества использованных признаков не всегда приводит к улучшению качества классификации.

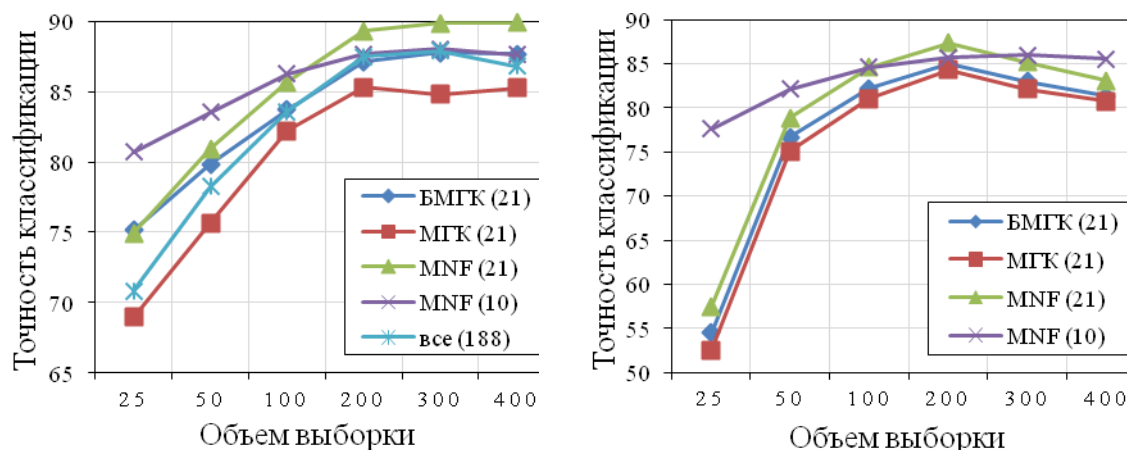


Рис. 2. Точность классификации в зависимости от объема обучающей выборки при использовании классификаторов SVM (слева) и ML (справа)

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 13-07-12202-офи_м, № 14-07-31320-мол-а).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондур В.Г. Современные подходы к обработке больших потоков гиперспектральной и многоспектральной аэрокосмической информации // Исследование Земли из космоса. – 2014. – № 1. – С. 4-16.
2. Раудис Р. Влияние объема выборки на качество классификации (обзор) // Сб.: Статистические проблемы управления. – Вильнюс: Институт математики и кибернетики АН ЛитССР, 1984. – Вып. 66. – С. 9-42.
3. Fodor I. A Survey Of Dimension Reduction Techniques // Technical Report UCRL-ID-148494. – Oakland: University of California. – 2002. – 26 p.
4. Пестунов И.А., Мельников П.В. Блочный метод главных компонент для выделения информативных признаков при классификации гиперспектральных изображений // Журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии» (в печати).
5. Vermillion S. C., Sader S. A. Use of the Minimum Noise Fraction (MNF) Transform to Analyze Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Data of Northern Forest Types // AVIRIS Workshop. – JPL Publication. – 1999. – 7 p.
6. Потатуркин О.И. Борзов С.М. Обработка гиперспектральных спутниковых изображений при исследовании антропогенных и природных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://conf.ict.nsc.ru/dicr2014/ru/reportview/248576_
7. Cristianini N., Shawe-Taylor J. An Introduction to Support Vector Machines and other kernel-based learning methods / Cambridge University Press, 2000. – 198 p.
8. Кузнецов А.В., Мясников В.В. Сравнение алгоритмов управляемой поэлементной классификации гиперспектральных изображений // Компьютерная оптика. – Самара: СГАУ. – 2014. – Том № 38-1. – С. 494-502.

© И. А. Пестунов, П. В. Мельников, 2015

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ NVIDIA ПРИ КЛАСТЕРИЗАЦИИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ СЕТОЧНЫМ АЛГОРИТМОМ ССА

Сергей Александрович Рылов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, аспирант, e-mail: RylovS@mail.ru

Игорь Алексеевич Пестунов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, заведующий лабораторией обработки данных, тел. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

В работе рассматривается реализация сеточного алгоритма кластеризации ССА на графических процессорах NVIDIA с использованием технологии CUDA. Эффективное использование архитектурных особенностей графических ускорителей позволило существенно увеличить быстродействие алгоритма, что делает его удобным инструментом для кластеризации мультиспектральных данных. Приводится анализ производительности алгоритма при работе на графическом ускорителе, на одном и на нескольких ядрах центрального процессора.

Ключевые слова: кластеризация мультиспектральных данных, сеточный подход, параллельные вычисления, CUDA, GPU, графический ускоритель.

NVIDIA GPU FOR MULTISPECTRAL DATA CLUSTERING WITH GRID-BASED ALGORITHM CCA

Sergey A. Rylov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., postgraduate student, e-mail: RylovS@mail.ru

Igor A. Pestunov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., head of data processing laboratory; tel. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

The present work explores parallel computation of grid clustering algorithm CCA with CUDA/GPU. Effective use of the graphic processors architecture has significantly increased the performance of the algorithm, which makes it a convenient tool for multispectral image clustering. Computational results are presented, showing the algorithm computing time on the GPU in comparison with single core of the CPU and parallel implementation on the CPU with OpenMP.

Key words: multispectral images, grid-based clustering, parallel computing, CUDA, GPU.

Введение. При решении целого ряда прикладных задач возникает необходимость кластеризации больших массивов данных при отсутствии каких-либо априорных сведений об искомым классах. Например, в задачах обработки мультиспектральных спутниковых изображений, содержащих десятки миллионов

пикселей. В этих условиях целесообразно использовать быстрые непараметрические алгоритмы кластеризации [1].

В настоящее время большинство настольных персональных компьютеров оснащены современными видеокартами, производительность которых в последнее десятилетие стремительно растет. На фоне этого активно развиваются технологии вычислений общего назначения на графических процессорах (ГП), позволяющие использовать их для решения сложных математических задач.

В данной работе рассматривается сеточный алгоритм кластеризации ССА [2] и его реализация с использованием технологии CUDA [3].

Алгоритм кластеризации ССА(m, T) [2] разработан в рамках комбинации сеточного [4] и плотностного [1] подходов и характеризуется высоким быстродействием и возможностью выделять кластеры сложной структуры.

Для его описания введем следующие определения.

Пусть множество объектов X состоит из векторов, лежащих в пространстве признаков R^d : $X = \{x_i = (x_i^1, \dots, x_i^d) \in R^d, i = \overline{1, N}\}$, и ограниченных гиперпараллелепипедом $\Omega = [l^1, r^1] \times \dots \times [l^d, r^d]$: $l^j = \min_{x_i \in X} x_i^j$, $r^j = \max_{x_i \in X} x_i^j$. Под *сеточной структурой* будем понимать разбиение пространства признаков на *клетки* гиперплоскостями: $x^j = (r^j - l^j) \cdot i/m + l^j$, $i = 0, \dots, m$, где m – число разбиений Ω по каждой размерности. Под *плотностью клетки* D_B будем понимать количество элементов множества X , попавших в клетку B .

Непустая клетка B_i *непосредственно связана* с непустой клеткой B_j ($B_i \rightarrow B_j$), если клетка B_j обладает максимальной плотностью среди всех клеток, смежных с B_i . Клетки B_i и B_j *непосредственно связаны* ($B_i \leftrightarrow B_j$), если $B_i \rightarrow B_j$ или $B_j \rightarrow B_i$. Клетки B_i и B_j *связны* ($B_i \sim B_j$), если существуют k_1, \dots, k_l такие, что $k_1 = i$, $k_l = j$ и для всех $p = 1, \dots, l-1$ выполнено $B_{k_p} \leftrightarrow B_{k_{p+1}}$. Введенное отношение связности порождает естественное разбиение множества непустых клеток на компоненты связности G_1, \dots, G_S . *Представителем* компоненты связности G назовем клетку $Y(G)$: $Y(G) = \arg \max_{B \in G} D_B$.

Смежные компоненты связности G_i и G_j *связны* ($G_i \leftrightarrow G_j$), если существует цепочка клеток $P_{ij} = Y_{ij} = B_{k_1}, \dots, B_{k_t}, \dots, B_{k_l} = Y_j$ такая, что: 1) для всех $t = 1, \dots, l-1$: $B_{k_t} \in G_i \cup G_j$ и $B_{k_t}, B_{k_{t+1}}$ – смежные клетки; 2) $\min_{B_{k_t} \in P_{ij}} D_{B_{k_t}} / \min(D_{B_{k_t}}, D_{B_{k_{t+1}}}) > T$, $T > 0$ – порог объединения. Компоненты G_i и G_j *связны* ($G_i \sim G_j$), если существуют k_1, \dots, k_l такие, что $k_1 = i$, $k_l = j$ и для всех $p = 1, \dots, l-1$ выполнено $G_{k_p} \leftrightarrow G_{k_{p+1}}$. *Кластером* назовем максимальное множество попарно связных компонент связности.

Алгоритм ССА можно условно разбить на три основных этапа.

1. Формирование сеточной структуры в пространстве признаков. Точки $x_i \in X$ распределяются по клеткам, и вычисляются плотности всех клеток.
2. Разбиение клеток сеточной структуры на компоненты связности G_1, \dots, G_S и определение их представителей $Y(G_1), \dots, Y(G_S)$.
3. Формирование кластеров из выделенных компонент связности.

Реализация алгоритма ССА с использованием архитектуры параллельных вычислений CUDA [3]. Современные ГП содержат тысячи ядер, сгруппированных в блоки под управлением мультипроцессоров. Ядра одного блока выполняют одинаковый набор инструкций, но на различных данных. Каждое ядро имеет небольшое число регистров, а также доступ к ограниченному объему быстрой разделяемой памяти внутри своего блока. Кроме того, всем потокам (исполняемым на отдельных ядрах) доступна медленная глобальная память видеокарты. Синхронизация потоков во время выполнения возможна только в рамках своего блока.

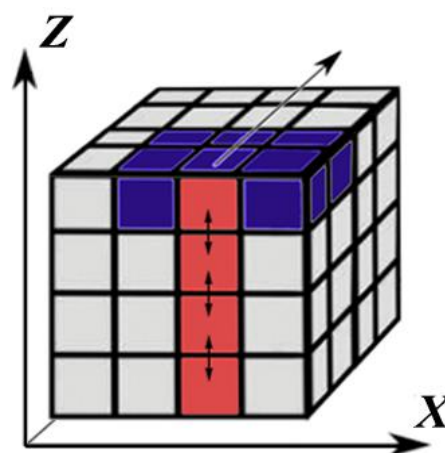
В реализации алгоритма ССА выделяются шесть основных этапов.

На первом этапе осуществляется вычисление плотностей клеток в формируемой сетке. Этот процесс можно рассматривать как вычисление многомерной гистограммы. Известные подходы для построения гистограммы с помощью CUDA основаны на формировании в разделяемой памяти множества гистограмм для отдельных порций данных с последующим их объединением. Этот подход используется, чтобы сократить задержки произвольного доступа к массиву гистограммы. Однако при вычислении многомерной гистограммы использование разделяемой памяти невозможно из-за ее ограниченного размера (48 КБ). Поэтому был выбран подход, при котором каждый поток обрабатывает один элемент данных и использует атомарную операцию инкремента для заполнения массива гистограммы в глобальной памяти. Эффективность атомарных операций существенно возросла на ГП с современной архитектурой Kepler, что позволяет успешно использовать их в данной задаче.

На втором этапе для каждой клетки выявляется смежная с ней клетка с максимальной плотностью. При реализации в рамках CUDA каждая клетка обрабатывается одним потоком, просматривающим соседние с ней клетки. Для увеличения производительности был использован ряд оптимизаций.

- Использование разделяемой памяти для обмена результатами. Потоки каждого блока выровнены в линию вдоль оси Z, и каждый поток просматривает только соседние клетки с фиксированной координатой z. Затем происходит обмен промежуточными результатами между соседними потоками.

- Отсутствие повторного считывания элементов. Каждый поток последовательно обраба-



тывает группу элементов, смещаясь по оси Y . При этом используются промежуточные максимумы, что позволяет просматривать только $1/3$ часть элементов, требуемых для определения максимума в новой позиции.

На данном этапе также определяются представители компонент связности. Их количество и нумерация отслеживаются с помощью счетчика в глобальной памяти через атомарную операцию инкремента.

На третьем этапе выполняется выделение компонент связности. Каждый поток обрабатывает одну клетку, последовательно переходя по ссылкам к смежным клеткам с максимальной плотностью вплоть до достижения одного из представителей компонент связности.

На четвертом этапе формируется матрица связей между смежными компонентами связности. Согласно построению наименьшая плотность между смежными компонентами достигается на их границе. Поэтому при параллельной обработке пар смежных клеток, в случае, если клетки принадлежат различным компонентам, вычисляется значение перепада плотности между компонентами по рассматриваемым клеткам. Если полученное значение превышает заданный порог T , то рассматриваемые компоненты помечаются связными.

На пятом этапе происходит объединение связных компонент в кластеры. В разделяемой памяти формируется массив из компонент связности, содержащий ссылки, ведущие на представителей кластеров (определяется как минимальная по номеру компонента в кластере). На каждой итерации потоки параллельно осуществляют проверку связей от определенной компоненты до всех последующих, формируя соответствующие ссылки. Данная работа разделена на независимые блоки, согласование результатов которых выполняет первый блок.

На заключительном этапе алгоритма точки исходных данных распределяются по кластерам, к которым отнесены содержащие их клетки.

Результаты экспериментальных исследований. В данном разделе представлено сравнение времени работы алгоритма ССА и его отдельных этапов при исполнении на ГП (GeForce GTX 770), одном и четырех ядрах ЦП (Intel Core i7 960, 3.2 ГГц). Параллельная версия алгоритма для ЦП реализована с помощью стандарта OpenMP. Используемые параметры ССА: $m=32$, $T=0.8$.

В табл. 1 представлены результаты обработки 5 000 000 трехмерных и четырехмерных случайных данных. На четырехмерных данных значительное время занимает формирование кластеров из компонент связности, что обусловлено их большим количеством в неструктурированных случайных данных. При обработке мультиспектральных изображений, количество компонент связности, как правило, не превосходит 2 000. При этом основное время работы алгоритма занимает первый этап, который эффективно ускоряется с помощью ГП (рис. 1).

В табл. 2 приведено сравнение времени обработки RGB-изображений и четырехканальных спутниковых снимков различного размера.

Таблица 1

Время работы (в мс) алгоритма ССА на случайных данных (5 млн. элементов)

Этап обработки	$d = 3$			$d = 4$		
	ЦП, 1 ядро	ЦП, 4 ядра	ГП	ЦП, 1 ядро	ЦП, 4 ядра	ГП
1. Формирование сеточной структуры	28.29	45.84	1.07	54.03	41.07	9.56
2. Анализ плотностей смежных клеток	0.85	0.27	0.07	50.39	13.36	0.44
3. Разделение клеток на компоненты	0.09	0.06	0.05	2.71	0.78	0.49
4. Проверка связей смежных компонент	1.52	0.42	0.15	107.53	28.50	3.27
5. Объединение компонент в кластеры	0.48	0.25	0.43	34.76	12.37	2.92
6. Распределение данных по кластерам	6.77	2.66	1.47	21.82	7.9	4.14
Суммарное время кластеризации	38.00	49.50	3.24	271.24	103.98	20.82

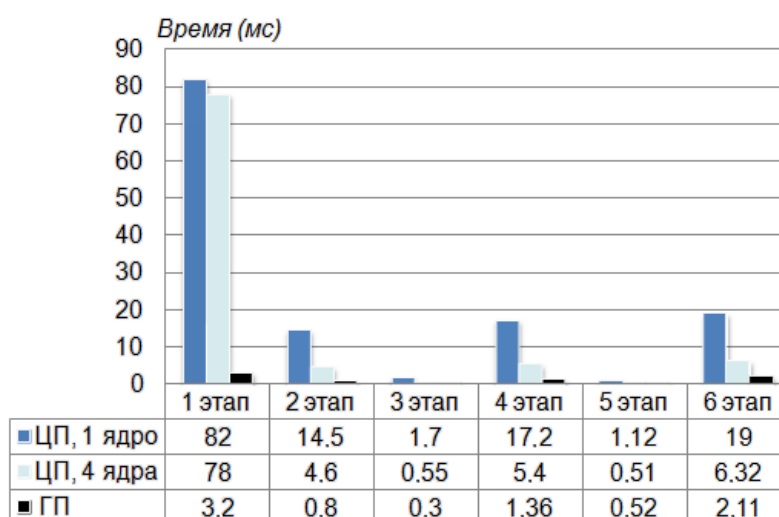


Рис. 1. Сравнение времени работы (в мс) этапов алгоритма ССА при обработке спутникового изображения WorldView-2 (4 спектральных канала, 9 Мп)

Таблица 2

Время работы (в мс) алгоритма ССА на изображениях

Размер изображения (млн. пикселей)	RGB-изображение (3 канала)			Спутниковый снимок (4 канала)				
	5	12.4	115.3	4	9	12.5	24	100
ЦП, 1 ядро	50	87	701	80	144	150	273	931
ЦП, 4 ядра	45	75	619	55	97	130	213	620
ГП	2.6	4.7	38	4.8	7.6	14	21	61

Заключение. В работе рассмотрена реализация алгоритма кластеризации ССА на графических процессорах с использованием технологии CUDA. Результаты экспериментальных исследований показали, что использование ГП позволяет увеличить быстродействие кластеризации мультиспектральных данных в 10 и более раз. Данное исследование показывает перспективность использования графических ускорителей для обработки спутниковых данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (грант № 14-14-00453) и РФФИ (гранты № 13-07-12202-офи_м и № 14-07-31320-мол_а).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пестунов И. А., Синявский Ю. Н. Алгоритмы кластеризации в задачах сегментации спутниковых изображений // Вестник КемГУ. – 2012. – № 4/2 (52). – С. 110–125.
2. Куликова Е. А., Пестунов И. А., Синявский Ю. Н. Непараметрический алгоритм кластеризации для обработки больших массивов данных // Конф. «Математические методы распознавание образов»: сб. тр. – Москва: Изд-во MAKS Press, 2009. – С. 149-152.
3. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA / А. Боресков, А. Харламов, Н. Марковский и др. – Москва: Изд-во Московского университета, 2012. – 336 с.
4. Ilango M. R., Mohan V. A survey of grid based clustering algorithms // Intern. J. Eng. Sci. and Technology. – 2010. – Vol. 2(8). – P. 3441–3446.

© С. А. Рылов, И. А. Пестунов, 2015

СОВМЕСТНАЯ ОБРАБОТКА РАЗНОРОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ СЕГМЕНТАЦИИ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

Юрий Николаевич Синявский

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник, тел. (383)334-91-55, e-mail: yorikmail@gmail.com

Игорь Алексеевич Пестунов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, заведующий лабораторией обработки данных, тел. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

Сергей Александрович Рылов

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, аспирант, тел. (383)334-91-55, e-mail: rylovs@mail.ru

Павел Владимирович Мельников

Институт вычислительных технологий СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, аспирант, тел. (383)334-91-55, e-mail: pvm96@yandex.ru

Предложена логическая схема единообразного представления разнородных пространственных данных. На ее основе разработана технология сегментации спутниковых изображений высокого пространственного разрешения, которая позволяет учесть всю имеющуюся информацию (спектральные и пространственные признаки, данные полевых наблюдений, тематические карты, базы данных, априорные знания и т. п.). Технология реализована в виде набора стандартизованных веб-сервисов.

Ключевые слова: сегментация спутниковых изображений, высокое пространственное разрешение, обработка разнородных данных, единый формат данных, веб-сервисы.

JOINT PROCESSING OF HETEROGENEOUS DATA FOR SEGMENTATION OF HIGH-RESOLUTION SATELLITE IMAGES

Yuriy N. Sinyavskiy

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., scientist, tel. (383)334-91-55, e-mail: yorikmail@gmail.com

Igor A. Pestunov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., head of Data Processing Laboratory, tel. (383)334-91-55, e-mail: pestunov@ict.nsc.ru

Sergey A. Rylov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., postgraduate student, tel. (383)334-91-55, e-mail: rylovs@mail.ru

Pavel V. Melnikov

Institute of Computational Technologies SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrentjev ave., postgraduate student, tel. (383)334-91-55, e-mail: pvm96@yandex.ru

A logical scheme for uniform presentation of heterogeneous spatial data is proposed. Technology for segmentation of satellite images with high spatial resolution is developed. It allows to consider all available information (spectral and spatial features, field data, thematic maps, databases, a priori knowledge etc.). The technology is realized as a set of standardized web services.

Key words: satellite images segmentation, high spatial resolution, heterogeneous data processing, common data format, web services.

В последние годы в области создания и развития средств и технологий дистанционного зондирования Земли наблюдается стремительный прогресс. С каждым годом растет число спутников, позволяющих получать мультиспектральные изображения высокого пространственного разрешения (1-4 м) [1]. Характерная особенность таких изображений заключается в том, что значительная часть информации, необходимой для их анализа, содержится в пространственных характеристиках (текстура, форма, размер, контекст и т.п.), а также в накопленных базах данных, экспертных знаниях, имеющейся априорной информации и т.п. [2]. В работе предложены схема единообразного представления и технология сегментации изображений высокого пространственного разрешения, позволяющие при обработке использовать всю доступную разнородную информацию. Подобные технологии обработки в настоящее время отсутствуют.

Логическая схема единообразного представления разнородных данных представлена на рис. 1. В соответствии с этой схемой, все доступные данные используются для формирования набора растровых слоев, которые можно интерпретировать как дополнительные признаки при построении итоговых картосхем.

Все полученные слои можно разделить на слои данных и тематические слои. Слои данных не зависят от особенностей решаемой задачи и могут быть сформированы без участия эксперта. К слоям данных, помимо спектральных каналов исходного изображения, можно отнести построенные ранее тематические карты (растительности, почв, влагосодержания и др.) и карты, формируемые автоматически (среднесуточной температуры, количества осадков, альбедо подстилающей поверхности, высот, экспозиции и ориентации склонов и т.д.).

В отличие от слоев данных, для формирования тематических слоев необходимо участие эксперта, без которого невозможны учет априорных сведений об объекте исследования, выбор подходящих для решения задачи комплексных признаков, применение разработанных ранее технологий обработки данных и т.п. К ним относятся текстурные и контекстные признаки, полученные с использованием различных процедур фильтрации изображения, а также комплексные спектральные признаки (индексы). К тематическим слоям также относятся бинарные маски, построенные на основе имеющихся априорных знаний и предназначенные для выделения конкретных типов объектов (водной поверхности, теней, растительности, антропогенных территорий и др.). Кроме того, к тематическим слоям можно отнести маску, которая позволяет выделить область интереса, определяемую экспертом исходя из особенностей решаемой задачи.

Подобное представление разнородной информации позволило разработать технологию сегментации спутниковых изображений высокого пространствен-

ного разрешения (рис. 2), предназначенную для исследования и оценки состояния природных объектов.

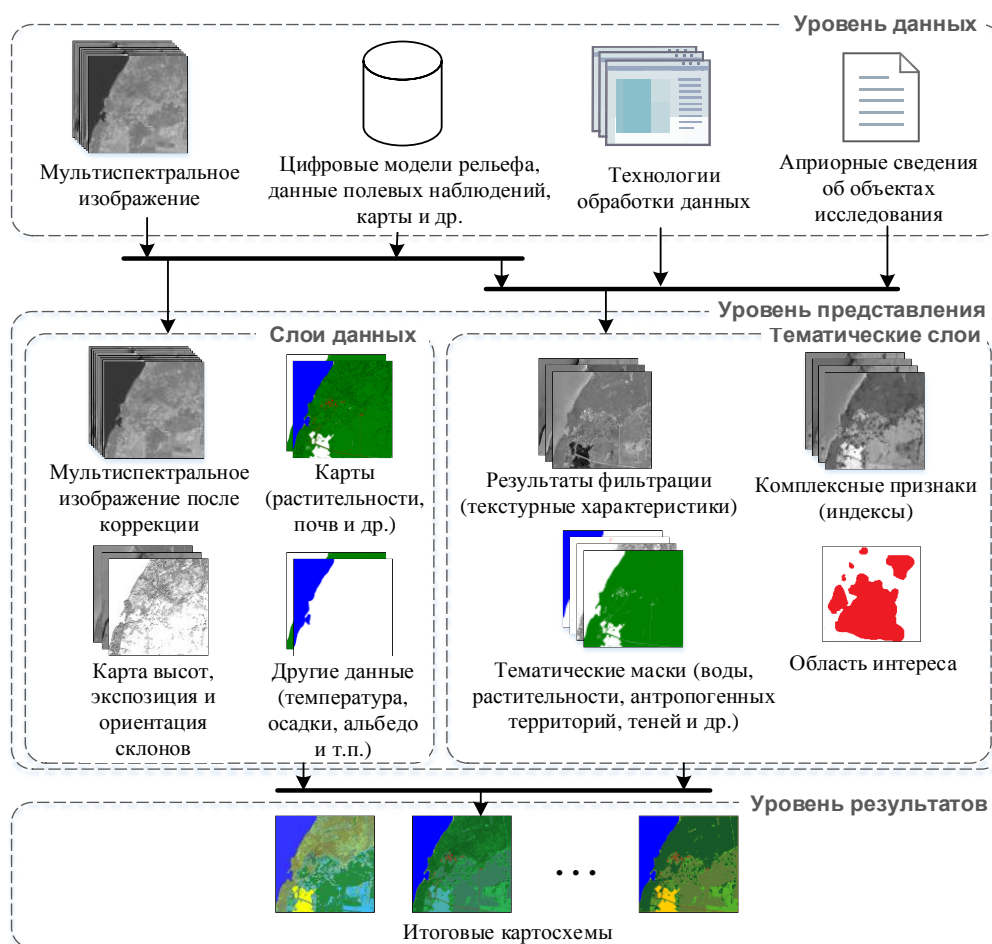


Рис. 1. Логическая схема представления разнородных пространственных данных

Разработанная технология включает четыре этапа обработки. На этапе коррекции данных выполняется атмосферная и геометрическая коррекция, а также приведение данных к единой картографической проекции и т.п. Этап предварительной обработки включает в себя формирование слоев данных и тематических слоев, выделение области интереса на изображении, а также статистический анализ и формирование классифицированной обучающей выборки. На этапе тематической обработки осуществляется выбор информативных наборов признаков и сегментация изображения с помощью алгоритмов классификации с обучением или кластеризации данных, а также уточнение результатов с привлечением контекстной информации. Завершающий этап (этап постобработки) направлен на улучшение визуальных характеристик результирующих картосхем для облегчения их интерпретации (применение различных фильтров, выбор уровня детализации картосхем и т.п.).

Для применения описанной технологии на практике используется система стандартизованных веб-сервисов (WPS-процессов), созданная в Институте вы-

числительных технологий СО РАН [3-5]. Система обеспечивает простое и оперативное внедрение новых алгоритмов обработки и удобный доступ к ним.

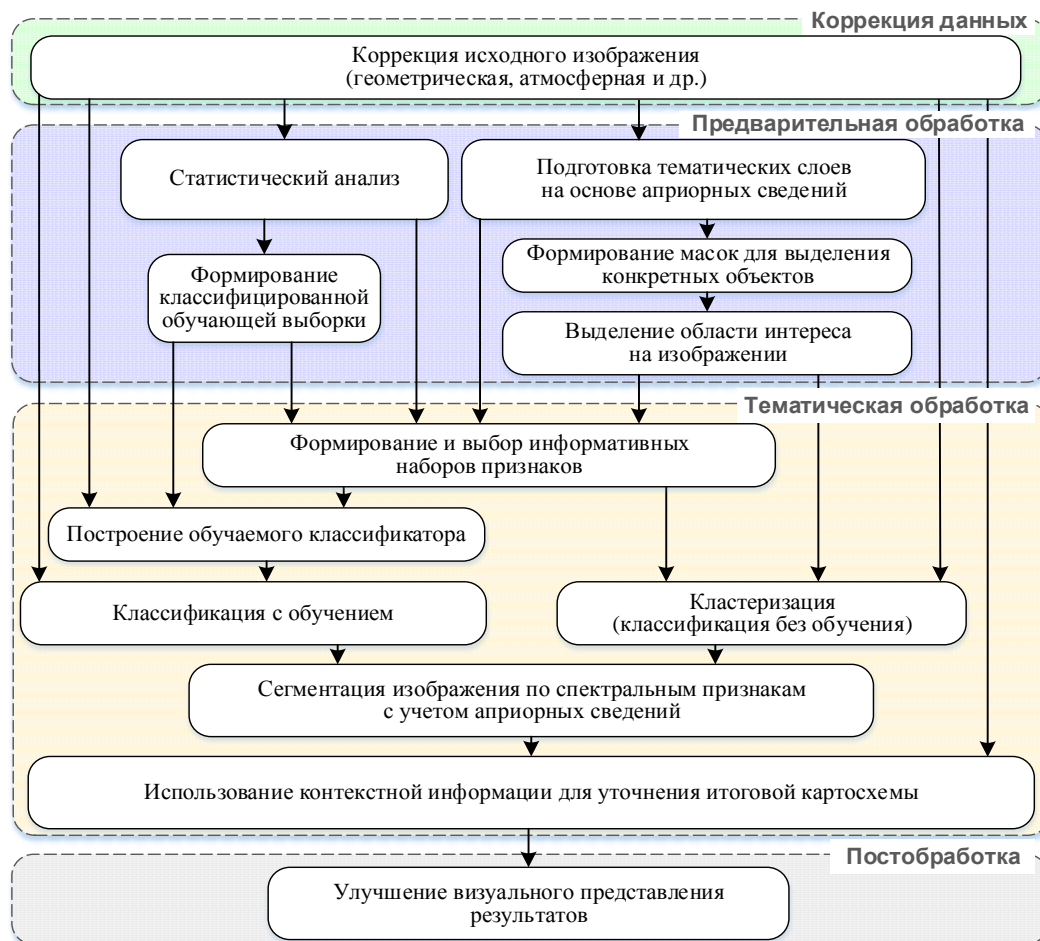


Рис. 2. Поэтапная технология сегментации спутниковых изображений высокого пространственного разрешения

Структурная схема системы сервисов представлена на рис. 3. Ядром системы является WPS-сервер, который создан в рамках проекта 52°North [6] и представляет собой веб-приложение, работающее под управлением контейнера сервлетов Apache Tomcat. Он осуществляет интерпретацию входных и выходных данных согласно спецификации протокола WPS [7] и может включать неограниченное число WPS-процессов. Кроме того, WPS-сервер обеспечивает доступ к открытой геоинформационной системе GRASS GIS.

Для реализации системы использована платформа Java (что позволило обеспечить платформенную независимость), а также программные продукты с открытым исходным кодом, распространяемые по лицензии GPL (GNU general public license).

Реализация алгоритмов в виде веб-сервисов позволяет использовать предложенную технологию обработки для решения практических задач на стороне пользователя с использованием как свободно распространяемых ГИС-пакетов (QGIS, uDig, OpenJUMP и др.), так и коммерческой геоинформационной системы ArcGIS. Система сервисов доступна по адресу: <http://wps.esemc.nsc.ru:8080/wps>.

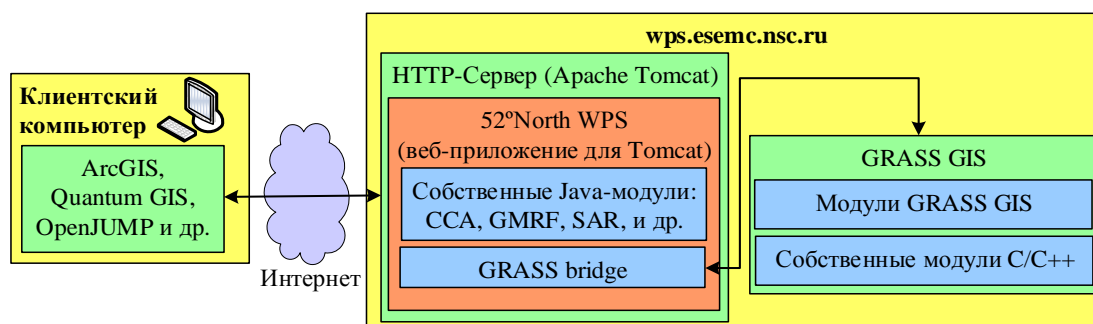


Рис. 3. Структурная схема системы веб-сервисов

Разработанная технология может быть использована при решении междисциплинарных задач, решение которых подразумевает анализ большого количества разнородных данных. Она позволяет единообразно использовать всю информацию, содержащуюся в мультиспектральном изображении, и дополнительную информацию из тематических карт и баз данных, а также накопленные экспертные знания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 13-07-12202-офи_м и № 14-07-31320-мол_а) и Российского научного фонда (грант № 14-14-00453).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Б. А., Дудкин С. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли // Геоматика. – 2013. – № 2. – С. 16-21.
2. Dey V., Zhang Y., Zhong M. A review on image segmentation techniques with remote sensing perspective // ISPRS TC VII Symp. – 100 Years ISPRS. (Vienna, Austria, July 5-7 2010). – IAPRS. – Vol. XXXVIII, pt 7A. – P. 31-42.
3. Пестунов И. А., Рылов С. А., Мельников П. В., Синявский Ю. Н. Технология и программный инструментарий для сегментации спутниковых изображений высокого пространственного разрешения // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. научн. конгр.: сб. материалов (Новосибирск, Россия, 15-26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. – Т. 1. – С. 202-208.
4. Добротворский Д. И., Куликова Е. А., Пестунов И. А., Синявский Ю. Н. Веб-сервисы для непараметрической классификации спутниковых данных // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2010. VI Междунар. научн. конгр.: сб. материалов (Новосибирск, Россия, 27-29 апреля 2010 г.). – Новосибирск: СГГА, 2010. – Т. 1, ч. 2. – С. 171-175.
5. Жижимов О. Л., Молородов Ю. И., Пестунов И. А., Смирнов В. В., Федотов А. М. Интеграция разнородных данных в задачах исследования природных экосистем // Вестник НГУ. – Сер.: Информационные технологии. – 2011. – Т. 9, № 1. – С. 67-74.
6. 52°North project homepage (2015) [Electronic resource] – Англ. – Режим доступа: <http://52north.org/downloads/category/15-wps>.
7. Web processing service interface standard (2015) [Electronic resource] – Англ. – Режим доступа: <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>.

© Ю. Н. Синявский, И. А. Пестунов, С. А. Рылов, П. В. Мельников, 2015

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ С БИНАРНЫМИ И МНОГОУРОВНЕВЫМИ НЕЙРОНАМИ

Олег Юльевич Дашевский

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории информационной оптики, e-mail: be9@be9.ru

Евгений Семенович Нежевенко

Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 1, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории информационной оптики, e-mail: nedj@iae.nsk.su

Приведены результаты классификации гиперспектрального изображения с использованием нейронных сетей как с бинарными, так и многоуровневыми нейронами. Описывается программное обеспечение для реализации комплекснозначной нейронной сети с многоуровневыми нейронами. Анализируется эффективность применения различных типов сетей для классификации гиперспектральных изображений.

Ключевые слова: классификация, гиперспектральное изображение, нейронная сеть, бинарные нейроны, многоуровневые нейроны, вероятность ошибки.

CLASSIFICATION OF HYPERSPECTRAL IMAGES BY MEANS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS WITH BINARY AND MULTI-VALUED NEURONS

Oleg Yu. Dashevskii

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 1 Koptyuga prosp., Ph. D., e-mail: be9@be9.ru

Evgeny S. Nejevenko

Institute of Automation and Electrometry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 1 Koptyuga prosp., Ph. D., e-mail: nedj@iae.nsk.su

Classification results of a hyperspectral image by means of artificial neural networks with binary and multi-valued neurons are presented. The software implementing a complex-valued neural network with multi-valued neurons is described. The performance of different network types application to hyperspectral image classification is analyzed.

Key words: classification, hyperspectral image, artificial neural network, binary neuron, multi-valued, neuron, classification error probability.

Одним из наиболее перспективных методов дистанционного зондирования Земли является гиперспектральная съемка. Классификация гиперспектральных снимков позволяет решить множество самых разнообразных задач исследования земной поверхности. В качестве эффективного средства, достигающего данной цели, применяются искусственные нейронные сети. Сети с бинарными нейронами исследованы достаточно хорошо [1]. Сравнительно новым типом являются сети с многоуровневыми нейронами, обладающие некоторыми пре-

имуществами по сравнению с бинарными, в частности, по скорости обучения. В настоящем докладе приводятся результаты экспериментальных исследований в области классификации гиперспектральных изображений с использованием перечисленных выше двух типов нейронных сетей. Однако предварительно дадим краткое описание сетей с многоуровневыми нейронами.

Многоуровневые нейроны (Multi-Valued Neurons, MVN) [2] отличаются от бинарных нейронов тем, что все веса и входные значения являются комплексными числами; функция активации, соответственно, является функцией комплексного аргумента. Необходимо, чтобы входные значения нейрона были расположены на единичной окружности в комплексном пространстве: $x_i = \exp(i \varphi_i)$. Функция активации имеет параметр K ; она возвращает K различных значений. Комплексная плоскость разбивается на K равных секторов; линейная комбинация весов и входных значений нейрона попадает в один из них. Возвращаемое значение будет соответствовать номеру сектора, а именно будет являться одним из комплексных корней K -й степени из единицы: $P(z) = \varepsilon_K^j; 2\pi j/K \leq \arg(z) \leq 2\pi(j+1)/K; \varepsilon_K = \exp(i2\pi/K)$. Здесь $z = w_0 + w_1x_1 + \dots + w_nx_n$ – линейная комбинация весов и входов нейрона. Таким образом, выход многоуровневого нейрона можно трактовать двояко: как комплексное число на единичной окружности и как значение в K -значной логике ($0 \dots K-1$). Бинарные же нейроны работают только в рамках бинарной логики, возвращая 0 или 1.

Устремляя K к бесконечности, получаем непрерывную версию многоуровневого нейрона, когда функция активации просто проецирует свой аргумент на единичную окружность: $P(z) = z / |z|$. Таким образом, входы и выходы многоуровневого нейрона могут независимо друг от друга быть как дискретными, так и непрерывными. Дискретное значение входа j преобразуется в соответствующий комплексный корень из единицы K -й степени: $x_j = \exp(i 2\pi y_j / K)$, где y_j – целочисленное значение в диапазоне $0 \dots K-1$. Непрерывное значение y_m из диапазона $[a_m, b_m]$ (вход m) линейно преобразуется в значение фазы комплексного числа: $x_m = \exp((y_m - a_m) / (b_m - a_m) \alpha)$, где $0 < \alpha < 2\pi$. Выход нейрона может быть дискретным с заданным K или непрерывным.

Обучение многоуровневых нейронов производится по более общей версии дельта-правила [3]:

$$W_{r+1} = W_r + \frac{C_r}{(n+1)|z_r|} \delta \bar{X}; \delta = D - Y, \quad (1)$$

где \bar{X} – вектор, комплексно сопряженный вектору входов; r – номер шага обучения; W_r – текущий вектор весов; W_{r+1} – скорректированный вектор весов; C_r – скорость обучения; $|z_r|$ – модуль линейной комбинации весов и входов на r -м шаге; δ – ошибка обучения; D – ожидаемое значение на выходе нейрона; Y – реально полученное значение на выходе. Каждая итерация изменяет веса так, что значение на выходе нейрона приближается к D .

Многоуровневые нейроны могут быть объединены в многослойную сеть (MLMVN, Multi-Layer MVN), которая по принципу работы аналогична обыч-

ной искусственной нейронной сети. Входные значения поступают на вход первого слоя, выходные значения последнего слоя являются результатом работы всей сети. Нейроны каждого слоя соединены со всеми нейронами следующего слоя. Как показано в [3], такая сеть может обучаться согласно правилу (1) для одного нейрона, с использованием принципа обратного распространения ошибки. Так, ошибки для выходного слоя рассчитываются непосредственно, как разница между ожидаемыми и реальными значениями его нейронов. На основе них рассчитываются ошибки предыдущего слоя и т. д. После вычисления всех ошибок происходит обучение каждого из нейронов сети согласно (1). Процедура не требует вычисления производных. В рамках каждой эпохи происходит последовательное обучение для каждого элемента обучающей выборки; обучение останавливается, когда ошибка снижается ниже заданного порогового уровня.

Для задач классификации пригодны различные архитектуры сетей с многоуровневыми нейронами. Во-первых, возможен случай одного дискретного нейрона в выходном слое с числом K , соответствующим количеству классов. Тогда ожидаемое выходное значение для набора признаков с заданной меткой класса будет соответствовать середине комплексного сектора, отвечающего за этот класс [4]. Во-вторых, выходной слой может состоять из K непрерывных нейронов — по нейрону на класс. Примем, что со своим классом у нейрона отождествлена верхняя полуплоскость $[0, \pi)$. Тогда ожидаемое значение для набора признаков с меткой класса M ($0 \leq M < K$) будет равно числу i (фаза $\pi/2$) у M -го нейрона выходного слоя и $-i$ (фаза $3\pi/2$) у всех остальных (принцип «один против всех»). Для определения класса по вектору признаков сначала отбираются нейроны выходного слоя, значение которых попало в верхнюю полуплоскость (возможные кандидаты). Затем из кандидатов выбирается победитель: тот нейрон, фаза значения которого оказалась ближе всех к $\pi/2$. Комбинация двух описанных архитектур порождает третий вариант, пригодный для задач с подклассами. Каждому из больших классов соответствует один нейрон выходного слоя, оперирующий в K -значной логике ($K = \text{число подклассов} + 1$). Один сектор выделяется для значения «против всех», остальные — для подклассов.

В рамках работы была разработана программа, моделирующая дискретные и непрерывные многоуровневые нейроны. Программа реализована на языке на C++ с расширениями OpenMP и содержит в себе алгоритмы обучения, классификации, сбора статистики и т. д. Для хранения исходных массивов данных и результатов обучения используется база данных PostgreSQL. Все промежуточные результаты также сохраняются в базу, что позволяет рассчитывать произвольную статистику по запускам.

В качестве объекта сегментации было выбран гиперспектральный снимок (ГСИ) StanfordTower (рис. 1). Каждый пиксел ГСИ представляет собой 148 элементный вектор, компоненты которого — значения отражения или излучения света в очень узком участке спектра в диапазоне от 0,4 до 2,5 мкм. На изображении выбрано множество прямоугольных участков, разбитых на 11 классов. Общее количество пикселей во всех участках — 45177.

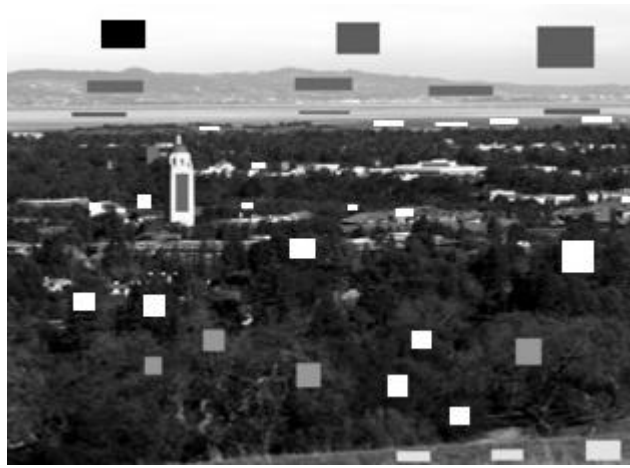


Рис. 1

Были проведены эксперименты по классификации ГСИ с использованием всех 148 спектральных признаков. Предварительно нейронная сеть с бинарными нейронами была обучена на половине пикселей ГСИ. Эксперимент был проведен на нескольких сетях, наилучший результат дал многослойный персептрон (число нейронов во входном слое – 148, в скрытом – 76, в выходном – 11, такую сеть будем обозначать 148–76–11): вероятность ошибки на тестовой выборке (усредненной по всем классам) – 0,41%, вероятность ошибки на обучающей выборке 0,45%, число эпох при обучении 500.

Такой же эксперимент был произведен в комплекснозначной двухслойной сети с многоуровневыми нейронами (сеть 148–11) вероятность ошибки на тестовой выборке (усредненной по всем классам) – 2,23%, вероятность ошибки на обучающей выборке – 1,80%. Хотя вероятность ошибки во втором случае была несколько выше, чем в первом, отметим, что во втором эксперименте использовалась двухслойная нейронная сеть, а время обучения во втором случае было в 4,96 раз меньше, чем в первом.

Однако компоненты векторов ГСИ сильно коррелированы ввиду того, что спектры отражения или излучения участков поверхности Земли – как правило гладкие функции (речь здесь не идет о материалах с дискретным спектром излучения), кроме того значительные участки спектров различных материалов могут быть близки между собой. Отсюда следует, что для классификации такие спектры переизбыточны, поэтому размерность пространства признаков может быть существенно сокращена. В работе [5] (да и в множестве других работ) показано, что наиболее эффективным методом сокращения пространства признаков является переход в пространство главных компонент. Это преобразование было проведено в программе StatSoft. Главные компоненты для классификации выбирались из критерия «каменистой осыпи», которая для ГСИ представлена на рис. 2.

Исходя из величин собственных значений, в качестве признаков были выбраны три компоненты и с ними были проведены те же эксперименты, что и с полным набором спектральных компонент. Результаты эксперимента следующие. Наилучшая сеть с бинарными нейронами – RBF сеть 3–1031–11, ошибка на тестовой выборке – 2,96%, на обучающей – 2,43%. Многослойный персеп-

трон с конфигурацией 3–9–11 дал ошибку на тестовой выборке 3,1%, а двухслойная линейная нейронная сеть с конфигурацией 3–11 – 36,4%. Очевидно, последний результат связан с тем, что выбранные классы в пространстве главных компонент линейно неразделимы.

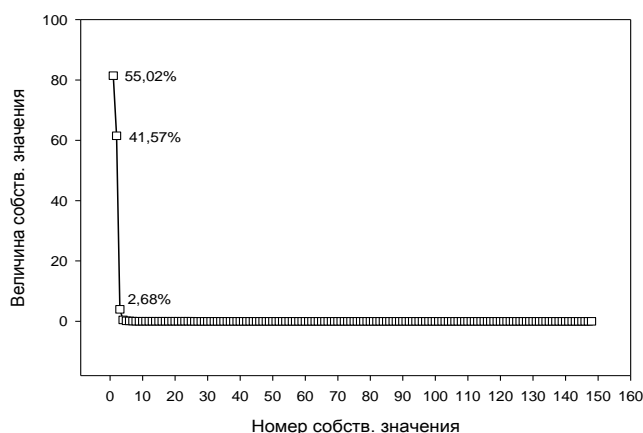


Рис. 2

Интересные результаты получились в сетях с многоуровневыми нейронами. Поскольку при сети 148–11 процент ошибки вполне приемлем, была сделана попытка классификации по главным компонентам в двухслойной нейронной сети 3–11, однако она привела к ошибке 26,8%! Было сделано предположение, что у двухслойной сети не хватает обобщающей способности, поэтому в сеть добавлен еще один слой, в результате сеть 3–30–11 дала ошибку 6%, а сеть 11–30–11 — 2,9%.

Время обучения MLMVN сети для всех исследованных в данной работе архитектур составляет около 4,5 мин (компьютер с процессором Intel Core i7). Из сказанного можно сделать вывод, что MLMVN сети эффективны только при большом числе признаков, когда можно использовать двухслойную сеть.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Haykin S. Neural networks. NY.: Prentice Hall, 1999.
- N. N. Aizenberg and I. N. Aizenberg. “CNN based on multi-valued neuron as a model of associative memory for gray-scale images,” in Proc. 2nd IEEE Int. Workshop Cellular Neural Netw. Appl., Oct. 1992, pp. 36–41.
- I. Aizenberg. Complex-Valued Neural Networks with Multi-Valued Neurons. New York, NY, USA: Springer-Verlag, 2011.
- I. Aizenberg. MLMVN with soft margins learning // IEEE Trans. on Neural Networks and learning systems, Vol. 25, No. 9, September 2014, pp. 1632—1644.
- Козик В.И., Нежевенко Е.С. Выбор эффективной системы признаков при сегментации гиперспектральных изображений // Перспективы развития науки и образования, 2014, часть 7, с. 70-72.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 13-07-12202.

© О. Ю. Дашевский, Е. С. Нежевенко, 2015

НЕЧЕТКАЯ КОНТРОЛИРУЕМАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДАНЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Алексей Александрович Бучнев

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, старший научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: baa@ooi.sccc.ru

Валерий Павлович Пяткин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, заведующий лабораторией обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

Рассматриваются методы нечеткой контролируемой классификации, применяемые для обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Реализованы два метода: метод нечеткой классификации Вонга, основанный на использовании нечетких ковариационных матриц, и метод явной нечеткой контролируемой классификации, использующий преобразование векторов признаков в нечеткое представление.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, контролируемая классификация, нормальное распределение векторов признаков, нечеткая контролируемая классификация.

FUZZY SUPERVISED CLASSIFICATION OF EARTH REMOTE SENSING DATA

Aleksey A. Buchnev

Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrent'ev av., lab of the images processing senior researcher, tel. (383)333-73-32, e-mail: baa@ooi.sccc.ru

Valeriy P. Pyatkin

Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrent'ev av., lab of the images processing head, tel. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

The fuzzy supervised classification methods for the Earth remote sensing data processing are discussed. Two methods are realized: Wang's fuzzy classification method, which is based on the using of the fuzzy covariance matrices, and the explicit fuzzy supervised classification method, which is based on the feature vectors transformation into fuzzy representation.

Key words: remote sensing, supervised classification, feature vectors normal distribution, fuzzy supervised classification.

Одним из наиболее популярных методов извлечения информации из данных ДЗЗ является классификация, основанная на байесовской стратегии максимального правдоподобия для нормально распределенных векторов признаков. Этот метод реализует жесткую классификацию по принципу “один вектор – один класс”. Такая логика не учитывает естественное смешение тематических классов в данных ДЗЗ. Вонг [1] изменил традиционный метод максимального

правдоподобия путем предварительного вычисления нечеткой ковариационной матрицы. Затем степени нечеткого членства векторов в классах вычисляются путем применения процедуры максимального правдоподобия к нечетким сигнатурам классов.

В общем случае алгоритм Вонга требует априорных знаний о членствах в классах векторов из обучающих выборок. Мы в своей реализации метода используем для этого выходные данные алгоритма нечеткой кластеризации [2].

С другой стороны, существует метод нечеткой контролируемой классификации, не требующий никаких априорных сведений о нечеткой принадлежности классам векторов из обучающих выборок.

Соответствующий алгоритм известен как алгоритм явной нечеткой контролируемой классификации [3]. Этот алгоритм включает три основных шага. Сначала выполняется преобразование векторов признаков в нечеткое представление (*fuzzification step*) для получения оценок вкладов классов в каждую спектральную полосу при условии гауссова распределения векторов признаков в классах. Фактически это преобразование сводится к вычислению для компонент каждого вектора признаков значений нормального распределения в соответствующей спектральной полосе во всех классах:

$$f_{b,c}(x_b) = \exp\left(-\frac{(x_b - \mu_{b,c})^2}{2\sigma_{b,c}^{*2}}\right).$$

Здесь x_b – компонента вектора признаков в спектральной полосе b , $b = 1, \dots, B$, а параметры нормального распределения определяются с помощью сигнатур классов (сигнатуры классов строятся на основе обучающих выборок): среднее значение $\mu_{b,c}$ совпадает с оценкой среднего для класса c , $c = 1, \dots, C$, в спектральной полосе b , а стандартное отклонение $\sigma_{b,c}^*$ является модулированным значением оценки стандартного отклонения $\sigma_{b,c}$. Значение коэффициента модуляции определяется на основе ожидаемого размера класса в данной полосе. Таким образом, на первом этапе с каждым вектором признаков связывается матрица F , число столбцов которой равно числу классов, а число строк равно размерности вектора признаков:

$$F = \begin{pmatrix} f_{1,1}(x_1) & f_{1,2}(x_1) & \dots & f_{1,c}(x_1) \\ f_{2,1}(x_2) & f_{2,2}(x_2) & \dots & f_{2,c}(x_2) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f_{B,1}(x_B) & f_{B,2}(x_B) & \dots & f_{B,c}(x_B) \end{pmatrix}.$$

Эти матрицы являются входными данными ко второму этапу. На втором этапе к полученным данным применяется правило нечеткого вывода для получения, после нормирования, нечеткой классификации набора векторов признаков. В качестве правила нечеткого вывода используется одно из двух правил Мамдани: правило *MIN* для получения минимального значения в списке аргу-

ментов и правило *PRODUCT* для получения произведения значений аргументов. Эти правила применяются к столбцам матриц *F*. Наконец третий этап алгоритма, используя правило *MAX* для выбора среди смешанных в векторе признаков тематических классов класса с максимальным значением членства, переводит нечеткую классификацию в жесткую (*defuzzification step*).

Параллельная реализация алгоритмов осуществляется средствами ОС Windows в рамках одного процесса путем запуска нескольких параллельных потоков. Количество запускаемых потоков равно количеству логических процессоров компьютера. Необходимая при работе параллельных потоков синхронизация достигается с помощью механизма событий ОС Windows.

Нижеследующие рисунки демонстрируют результаты работы алгоритмов контролируемой классификации. На рис. 1 представлен фрагмент снимка ИСЗ SPOT-4, полученного 04.05.2011 г., с паводковой ситуацией в районе Камня-на-Оби (снимок предоставлен Сибирским центром НИЦ «Планета»). На рисунке обозначены границы обучающих и контрольных полей. На рис. 2 приведен результат жесткой контролируемой классификации, использующей метод максимального правдоподобия для нормально распределенных векторов признаков. На рис. 3 представлены результаты работы метода явной нечеткой контролируемой классификации. Выделялось 6 классов. Фрагменты исходного изображения, являющиеся «шумом» по отношению к области интереса, попадают в класс отклоненных векторов. На рис. 4 приведены объемы полученных классов.

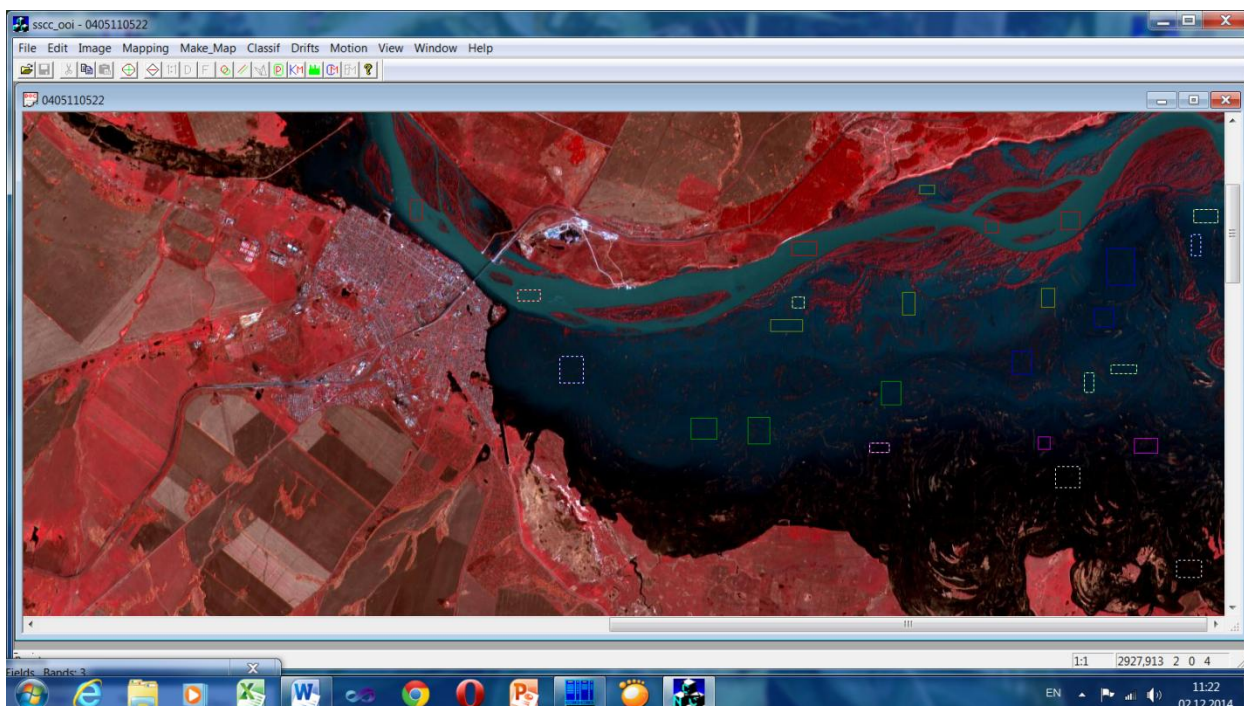


Рис. 1. Фрагмент исходного изображения с границами обучающих полей

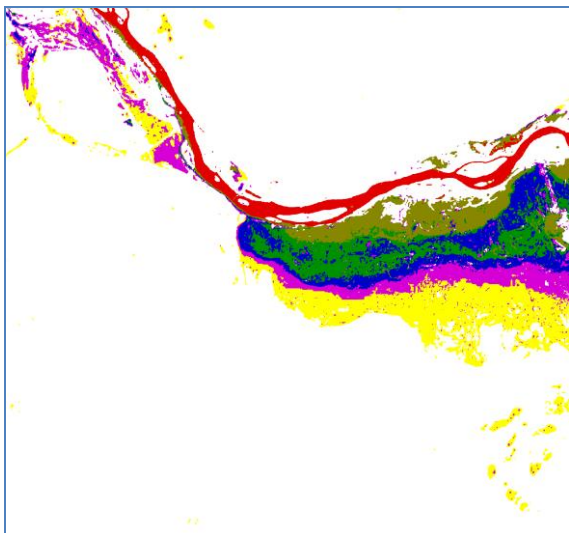


Рис. 2. Результат жесткой контролируемой классификации

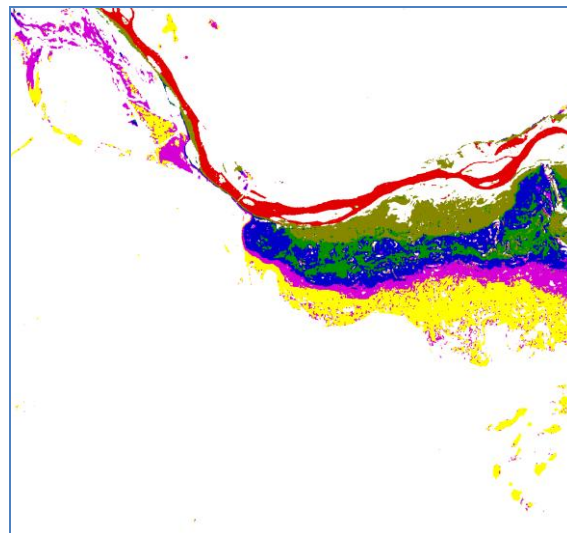


Рис. 3. Результат нечеткой контролируемой классификации

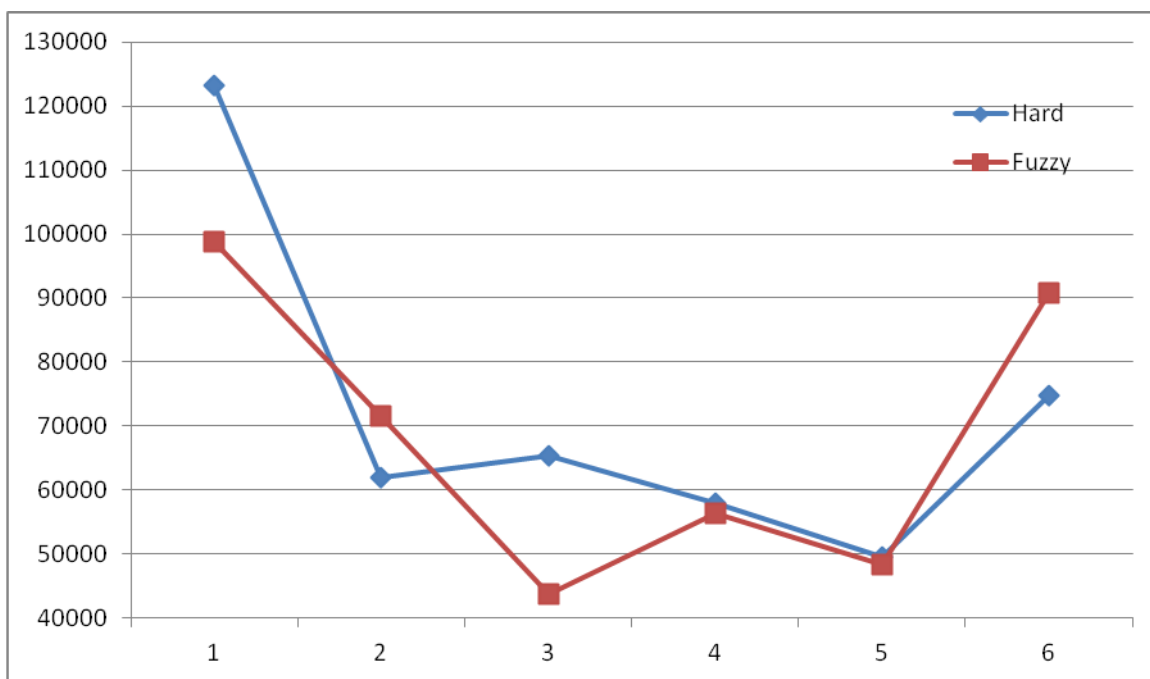


Рис. 4. Распределение векторов по классам

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Wang F. Fuzzy Supervised Classification of Remote Sensing Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 28, no. 2, March 1990, pp. 194-201.
2. Bezdek J.C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. Plenum Press, New York, 1981.
3. Melgani F., Al Hashemy B., and Taha S. An Explicit Fuzzy Supervised Classification Method for Multispectral Remote Sensing Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 38, no. 1, January 2000, pp. 287-295.

© А. А. Бучнев, В. П. Пяткин, 2015

БИБЛИОТЕКА OPENCV И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ЦИТОФОТОМЕТРИИ

Александр Александрович Конев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» СО РАН, 630058, Россия, г. Новосибирск, ул. Русская, 41, ведущий программист, тел. (383)306-62-20, e-mail: lexykonev@yandex.ru

Ирина Георгиевна Пальчикова

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Конструкторско-технологический институт научного приборостроения» СО РАН, 630058, Россия, г. Новосибирск, ул. Русская, 41, доктор технических наук, зав. лабораторией; Новосибирский государственный университет, 630090 г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, профессор, тел. 8(383)306-58-74, e-mail: palchikova@gmail.com

Специализированная программа *ImgCyto*, выполняющая оптико-структурный анализ микроизображений клеточных ядер, разработана с использованием библиотеки компьютерного зрения *OpenCV*. Обосновывается использование библиотеки *OpenCV* для данного класса задач, и описываются ее функции и возможности.

Ключевые слова: *OpenCV*, компьютерное зрение, цитофотометрия, цифровая камера.

THE OPENCV LIBRARY AND ITS USING ON CYTOPHOTOMETRY TASKS

Alexander A. Konev

Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, 630058, Russia, Novosibirsk, 41 Russkaya St., leading programmer, tel. (923)183-76-98, e-mail: lexykonev@yandex.ru

Irina G. Palchikova

Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering SB RAS, 630058, Russia, Novosibirsk, 41 Russkaya str., Sc. D., Physical department; Novosibirsk State University, 630090, Russia, Novosibirsk, 2 Pirogova str., professor, tel. 8(383)306-58-74, e-mail: palchikova@gmail.com

Specialized program *ImgCyto* for the optical structural analysis of the cell nuclei images is elaborated. *OpenCV* library of computer vision is used in the program. The usage of *OpenCV* for this class of tasks is substantiated.

Key words: *OpenCV*, quantitative cytophotometry, computer vision, digital camera.

Проблема автоматизации морфологического анализа цитологических проб решается путем количественного описания характеристик клеток и ядер, которые в настоящее время могут быть выполнены путем математической обработки цифрового изображения препарата [1]. Разработка специализированной программы *ImgCyto*, выполняющей оптико-структурный анализ микроизображений клеточных ядер и организовывающей базу данных собранных характеристик, является актуальной задачей. Программа предназначена для использования в клинических и биологических лабораториях в процессе проведения цитофотометрических анализов.

В данной работе обосновывается выбор языка программирования и инструментария. В статье дается характеристика библиотеки *OpenCV*, обсуждаются ее возможности, кратко описываются типы данных и набор основных функций.

Диалоговое окно программы *ImgCyto* показано на рис. 1. Программа обрабатывает серию монохромных изображений или цветных RGB изображений с глубиной 16 бит. Допустимо также и 8 битное изображение. Изображение содержит одну или несколько клеток или клеточных ядер.

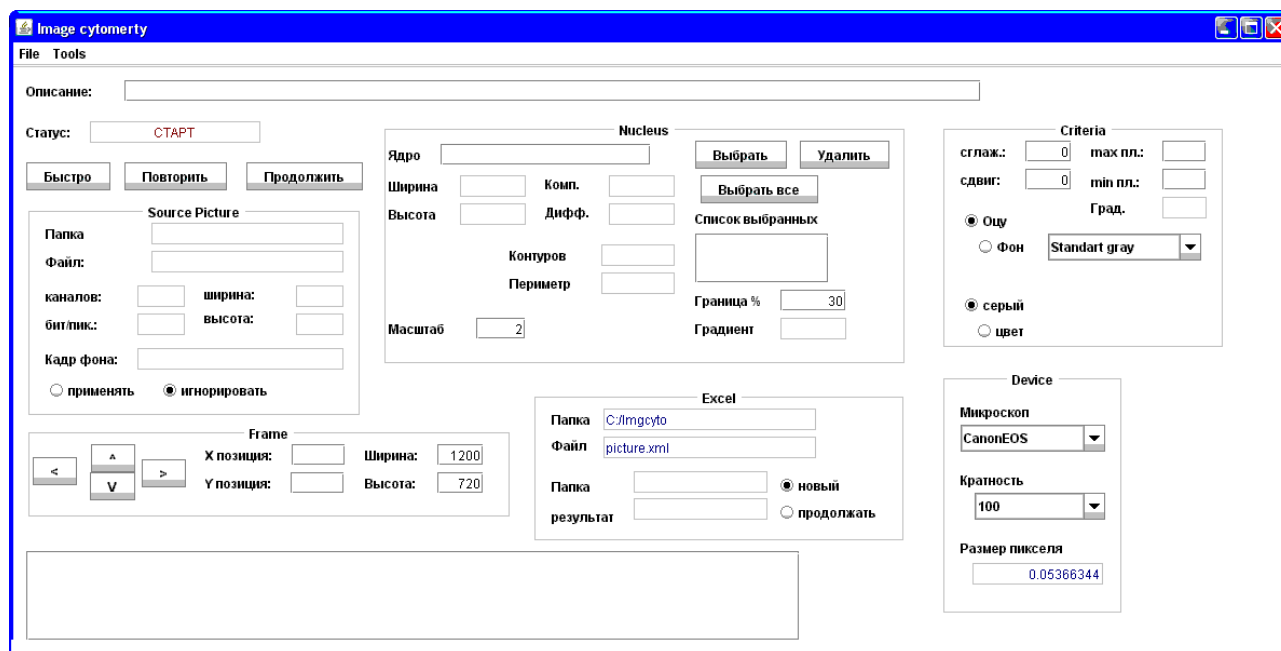


Рис. 1. Диалоговое окно программы *ImgCyto*

Исходное микроизображение тестового препарата приведено на рис. 2 а, увеличенное изображение одного клеточного ядра – на рис. 2 б. При изготовлении тестовых препаратов использовались неделиющиеся ядра клеток крови нескольких биологических видов. Препараты окрашивались специфичным в отношении ДНК реактивом Шиффа после гидролиза соляной кислотой, по методу Р.Фельгена. Это – один из основных методов подготовки препаратов для определения количества ДНК в клетке с помощью цитофотометрии [1].

Требуется выделить контуры этих объектов, и для каждого объекта вычислить его характеристики (площадь, периметр, коэффициент сжатия, оптическая плотность и пр.) Программа должна работать под операционной системой Windows.

При работе с изображением возникают потребности в различных представлениях изображения. Промежуточное представление изображения хранится в формате *float32*, что обеспечивает меньше потерь в изображении при различных операциях. Исходное цветное изображение для дальнейшей обработки переводится в монохромное. В программе по выбору допустим один из шести различных вариантов такого перевода.

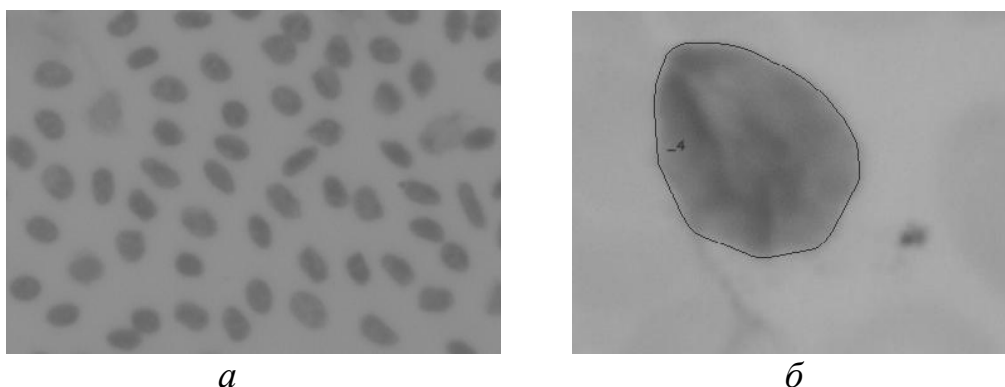


Рис. 2. Изображение тестового препарата крови: *а* – вид поля изображения, *б* – увеличенное изображение одного ядра с выделенным контуром

Исходное изображение препарата нормируется по фоновому изображению. На ряде препаратов контуры выделяются лучше, если изображение предварительно сгладить. Задействован так же ряд алгоритмов работы с контурами. Перед выделением контуров, следует выполнить сегментацию, и привести изображение в бинарное представление. Для найденных контуров строится выпуклая оболочка. Вычисляется периметр и площадь контура. Внутри контура выделяется компактный и диффузный хроматины методом пороговой сегментации. Допустима пользовательская установка этого порога. Вычисляются оптические плотности как по всему контуру, так отдельно по компактному и диффузному хроматину.

Библиотека *OpenCV* [2, 3, 4] содержит несколько сотен функций работы с изображениями, и подходит для использования в данной задаче. Это библиотека алгоритмов обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения. При использовании библиотеки уменьшаются трудозатраты на написание и отладку программы.

Для обработки мультимедийных данных существует также *Intel IPP (Integrated Performance Primitives)* библиотека, которая по ряду характеристик превосходит библиотеку *OpenCV*. Но для использования этой библиотеки следует покупать не только саму библиотеку, но и *Intel Parallel Studio*. В противовес *Intel IPP*, библиотека *OpenCV* является программным продуктом с открытым кодом.

Выбор же между языком *C/C++* и языком *Java* был сделан после их апробирования, анализа и написания пробных программ. В итоге, в качестве языка программирования был выбран язык *Java*. Выбор в пользу *Java* против *C/C++* не так очевиден, но пробные программы, и в частности работа с диалоговыми окнами, показали некоторое удобство в пользу *Java*. К тому же, для использования *OpenCV* на *Java*, существует обертка (*wrapper*) *JavaCV*. И среда разработки *Netbeans* (наиболее популярная среда разработки для языка *Java*) хорошо подошла для использования *JavaCV*. Дополнительным преимуществом при выборе *Java*, является переносимость программ на другие платформы.

Изображение в *OpenCV* представлено структурой *IplImage*. Эта структура содержит как числовые значения пикселей, так и параметры изображения.

В табл. 1 и 2 приведены перечень параметров структуры *IplImage* и список других структур:

Таблица 1

Перечень параметров структуры *IplImage*

<i>nChannels</i>	число каналов изображения
<i>depth</i>	глубина в битах
<i>width</i>	ширина изображения в пикселях
<i>height</i>	высота изображения в пикселях
<i>widthStep</i>	расстояние между соседними по вертикали точками изображения

Таблица 2

Список некоторых структур *OpenCV*

<i>CvPoint</i>	точка	структура из двух переменных (<i>x,y</i>)
<i>CvSize</i>	размер	структура из двух переменных (<i>width,height</i>)
<i>CvRect</i>	прямоугольник	структура из 4 переменных (<i>x,y,width,height</i>)
<i>CvScalar</i>	скаляр	4 числа типа <i>double</i>
<i>CvMat</i>	матрица	
<i>CvArr</i>	массив	

Почти все функции *OpenCV*, у которых один или несколько параметров являются указателями на изображение, принимают в качестве параметра также матрицу или массив.

И еще интересные типы данных в *OpenCV* – это *CvMemStorage* и *CvSeq*. *CvMemStorage* (*memory storage*) – это хранилище памяти в методах, для которых требуется хранить динамические объекты. Фактически, хранилище памяти – это связанный список блоков памяти. *CvSeq* (*sequence*) последовательность – это двухуровневый двусвязный список некоторых структур, хранящийся в *CvMemStorage*. Например, Контур в *OpenCV* представлен как список точек. Но на изображении присутствует несколько контуров, и второй уровень связей в последовательности – это список контуров.

Использование библиотеки *OpenCV* в полной мере себя оправдало. В частности, нет необходимости выяснять формат изображения на файле. Процедура чтение изображения с файла из библиотеки *OpenCV* читает достаточно большой набор форматов изображений.

Практически все действия с изображением поддержаны процедурами из библиотеки. Среди таких операций можно упомянуть: нормирование по освещенности, сглаживание изображения, нахождение контура, вычисление выпуклой оболочки контура.

Некоторые действия требуют непосредственного обращения к пикселям изображения. В частности, для сбора некоторых характеристик ядер, потребовалось пройтись в цикле по прямоугольнику, содержащего ядро, и для каждого пикселя, прежде определить, находится ли данный пиксель внутри контура, описывающего ядро или вне, а потом собрать характеристики.

Для проверки правильности работы программы *ImgCyto* использовались так же разработанные нами ранее [5] тестовые объекты (см. рис. 3). Тестовый объект представляет собой стеклянную пластинку, покрытую слоем хрома. Пропускание подложек варьируется в пределах 0,1 – 0,9. На поверхности хрома нанесены тестовые фигуры в виде кружков и квадратов. Характерные размеры кружков (квадратов) в пленках хрома: 3, 5, 7, 9, 11, 22 мкм. Размер объекта в целом: 2 × 3 мм.

Проводилась обработка изображений тестовых объектов с помощью программы *ImgCyto*. На рис. 4 показан фрагмент обработанного изображения с выделенными контурами. Геометрические характеристики более чем 300 фигур, полученные в ходе обработки, были сравнены с паспортными характеристиками тестовых объектов. Паспортные данные формировались путем автоматизированного обмера фигур на исследовательском микроскопе DIALUX 20 EB с без-иммерсионным микрообъективом планахроматом 40×, NA 0,5. Программа выделила все фигуры на изображении. Используемый алгоритм выделения контуров, очевидно отличался от применяемого при составлении паспорта, и найденные размеры фигур на ~5 – 10% меньше паспортных, однако коэффициент вариации данных *ImgCyto* в 5 раз меньше, чем у паспортных данных.

Использование библиотеки *OpenCV* позволило в короткий срок создать программу *ImgCyto*, и полностью себя оправдало. Набор процедур библиотеки достаточно большой, и практически во всех случаях, когда возникала потребность в каких-либо действиях с изображением, находились соответствующие процедуры, обеспечивающие эти действия. Единственным исключением, когда в программе пришлось организовывать доступ к отдельному пикселю, это – вычисления оптической плотности внутри и вне контура.

Использование библиотеки серьезно сокращает время написания и отладки программы. Это обусловлено тем, что

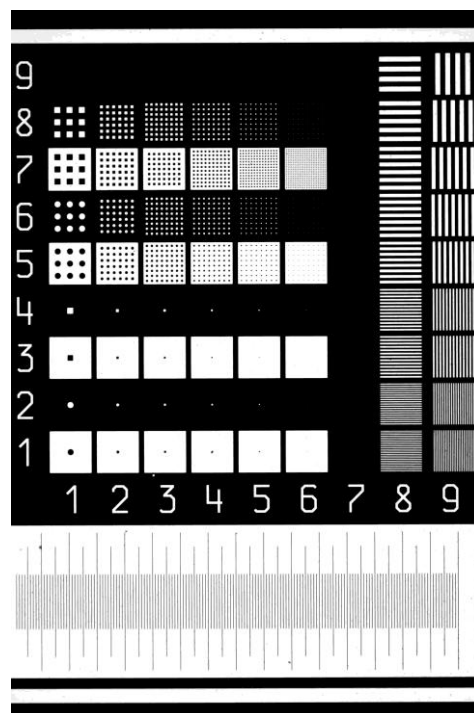


Рис. 3. Фотография специального тестового объекта для цитофотометрии

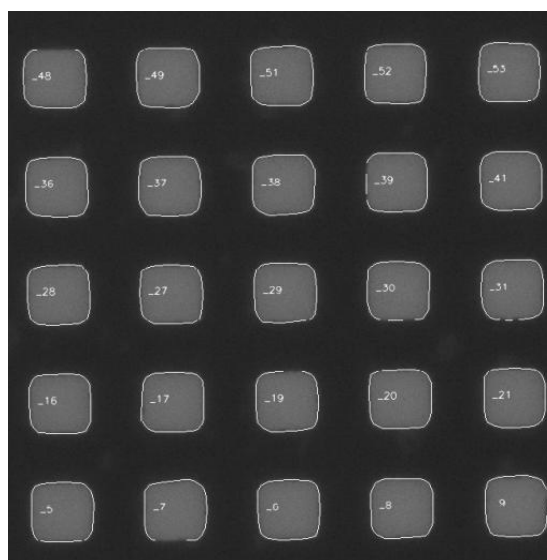


Рис. 4. Изображение фрагмента тестового объекта с выделенными контурами

процедуры библиотеки содержат зачастую достаточно сложные алгоритмы, и не тратится время на написание и отладку, и в библиотеке хорошо продуманы типы данных и благодаря этому хорошо согласованный интерфейс между процедурами и этот интерфейс достаточно удобен для программиста, который использует библиотеку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Компьютерная цитофотометрия / И. Г. Пальчикова, Л. В. Омелянчук, Е. И. Пальчиков, Е. С. Смирнов, Н. В. Каманина // Оптико-информационные измерительные и лазерные технологии и системы: юбилейный сборник избранных трудов КТИ ИП СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. – С. 375-398.
2. Gary Bradski, Adrian Kaehler. Learning OpenCV. Computer Vision with the OpenCV Library. // O'Reilly Media, Inc. – 2008
3. OpenCV шаг за шагом. Уроки OpenCV по-русски от Чеширского Кота. – режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/computervision/264.html>
4. OpenCV documentation. – режим доступа: <http://docs.opencv.org/index.html>
5. И. Г. Пальчикова, Л. В. Омелянчук, Е. С. Смирнов. О влиянии дифракции на результаты количественной цитофотометрии // Автометрия. – 2012. – Т. 48. – № 6. – С. 92–101.

©А. А. Конев, И. Г. Пальчикова, 2015

ОБНАРУЖЕНИЕ ПОЛЫНЕЙ

Валерий Павлович Пяткин

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, заведующий лабораторией обработки изображений, тел. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

Геннадий Иосифович Салов

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, старший научный сотрудник, тел. (383)333-73-32, e-mail: sgi@ooi.sccc.ru

Предлагается новая непараметрическая статистика и тест, основанный на проверке гипотезы об однородности трех выборок. Тест Уитни эквивалентен специальному (линейному) случаю этого теста. Некоторые сравнения сделаны для случая с экспоненциальными выборками. Тест может быть использован при космическом мониторинге Арктики в задаче обнаружения полыней.

Ключевые слова: непараметрические статистические критерии, обнаружение полыней, космический мониторинг Арктики.

DETECTION OF POLYNYAS

Valeriy P. Pyatkin

Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrent'ev av., lab of the images processing senior researcher, tel. (383)333-73-32, e-mail: pvp@ooi.sccc.ru

Gennadiy I. Salov

Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Acad. Lavrent'ev av., lab of the images processing head, tel. (383)333-73-32, e-mail: sgi@ooi.sccc.ru

New nonparametric statistics and test based on them are proposed to check the hypothesis of homogeneity of three samples. The Whitney test is equivalent to special (linear) case of this test. Some comparisons are made for the case with samples from exponential distribution. The test can be used at space monitoring of the Arctic in a problem of polynyas detection.

Key words: nonparametric statistical tests, detection of polynyas, Arctic space monitoring.

Одной из актуальных задач анализа изображений районов Арктического бассейна является задача обнаружения плохо видимых (скрытых) свободных от льда узких областей поверхности ледяного покрова - полыней. Для обнаружения упомянутых объектов предлагается с помощью последовательного (или параллельного) сканирования изображения подходящим окном просматривать (анализировать) один за другим все (или почти все) фрагменты изображения с возможным или ожидаемым местоположением полыни. Для понимания предлагаемого подхода достаточно рассмотреть анализ одного из таких фраг-

ментов изображения. Пусть X_1, \dots, X_m - совокупность результатов независимых измерений «яркости», полученных в m точках области проверяемого (возможного) положения полыньи на фрагменте, и пусть с целью обнаружения полыньи в случае ее присутствия по обе стороны от этой области (симметрично относительно наибольшей средней линии ее) берутся еще две совокупности измерений Y_1, \dots, Y_n и Z_1, \dots, Z_n . Будем считать, что если в течение наблюдений ни полыньи, ни другого («мешающего») объекта в поле зрения не было, то (при достаточно больших расстояниях между точками измерений) X_1, \dots, X_m , Y_1, \dots, Y_n и Z_1, \dots, Z_n можно рассматривать как стохастически независимые случайные величины с одним и тем же непрерывным вероятностным законом распределения возможных значений яркости, скажем $F(x)$, неизвестным наблюдателю. При наличии же полыньи на проверяемой области величины X_1, \dots, X_m будут стохастически больше или меньше как величин Y_1, \dots, Y_n , так и Z_1, \dots, Z_n . Без потери общности для определенности будем считать, что именно больше. По этим трем независимым совокупностям (на языке математической статистике – трем выборкам) X_1, \dots, X_m , Y_1, \dots, Y_n , Z_1, \dots, Z_n нужно принимать решение: либо объявить, что обнаружена полынья, либо перейти к другому возможному положению или фрагменту изображения. Чтобы свести к минимуму риск принять ошибочное решение, необходимо проверить статистическую гипотезу H_0 : величины X_1, \dots, X_m , Y_1, \dots, Y_n , Z_1, \dots, Z_n стохастически равны (имеет место локальная однородность, означающая, что на проверяемом положении полыньи отсутствует) против альтернативной гипотезы H_1 : величины X_1, \dots, X_m стохастически больше как величин Y_1, \dots, Y_n , так и Z_1, \dots, Z_n (присутствует полынья). Требуется указать тест (критерий) для проверки этой гипотезы, который приводил бы к правильному решению с максимальной вероятностью. Еще в 1951г. Уитни (Whitney) предложил широко применимый непараметрический статистический критерий для проверки подобной гипотезы однородности. Критерий Уитни (для краткости обозначим его через Wh) основан на статистиках U_1 и U_2 двух критериев Манна--Уитни. Он отклоняет гипотезу H_0 в пользу H_1 , когда одновременно

$$U_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I\{X_i > Y_j\} > C \text{ и } U_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n I\{X_i > Z_j\} > C, \quad (1)$$

здесь и далее $I\{A\}$ обозначает индикаторную функцию события A , равную 1, если событие A произошло, и 0 в противном случае.

Насколько нам известно, возможность получения более подходящего непараметрического критерия, чем критерий Уитни до сих пор не была замечена в литературе. Разработанный в лаборатории новый критерий оказался более эффективным, отклоняющим гипотезу H_0 в пользу H_1 , когда присутствует полынья, с большей вероятностью, чем критерий Уитни [1-2].

Он устроен следующим образом [2]. Возьмем $n = 2\nu$ четное и введем в рассмотрение следующие события ($i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, \nu$):

$$E_{1ij}^- = \{X_i < \min(Y_j, Y_{v+j})\}, \quad E_{1ij}^+ = \{X_i > \max(Y_j, Y_{v+j})\}, \quad E_{1ij}^0 = \bar{E}_{1ij}^- \cap \bar{E}_{1ij}^+,$$

$$E_{2ij}^- = \{X_i < \min(Z_j, Z_{v+j})\}, \quad E_{2ij}^+ = \{X_i > \max(Z_j, Z_{v+j})\}, \quad E_{2ij}^0 = \bar{E}_{2ij}^- \cap \bar{E}_{2ij}^+,$$

а также считающие их количества статистики

$$S_{Eq}^- = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^v I\{E_{qij}^-\}, \quad S_{Eq}^+ = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^v I\{E_{qij}^+\}, \quad S_{Eq}^0 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^v I\{E_{qij}^0\}, \quad q = 1, 2.$$

принимая значения от 0 до mv с суммой $S_{Eq}^- + S_{Eq}^+ + S_{Eq}^0 = mv$. В соответствии с предположениями новый непараметрический статистический критерий отклоняет гипотезу H_0 в пользу H_1 , если

$$S_{Eq}^+ > h(S_{Eq}^0) \quad \text{при } q = 1, 2. \quad (2)$$

При необходимости проверки введенной гипотезы однородности H_0 против так называемой двусторонней альтернативной гипотезы H_1 , состоящей в том, что величины X_1, \dots, X_m стохастически меньше или больше как величин Y_1, \dots, Y_n , так и Z_1, \dots, Z_n , можно воспользоваться двусторонним вариантом нового критерия, а именно

$$|S_{Eq}^+ - S_{Eq}^-| > 2h(S_{Eq}^0) + S_{Eq}^0 - mv \quad \text{при } q = 1, 2.$$

При этом уровень значимости критерия, т. е. вероятность отклонения гипотезы H_0 , когда она на самом деле верна, удваивается.

Критерий Уитни (1) эквивалентен частному случаю критерия (2), когда $h(u)$ - линейная функция вида $2h(u) = C - u$, $u = 1, \dots, mv$, а также критерию, отклоняющему гипотезу H_0 в пользу H_1 , когда $S_{Eq}^+ - S_{Eq}^- > C - mv$ при $q = 1, 2$, где C - число, входящее в определение критерия (1) [2]. Ясно, что при редукции статистик S_{Eq}^+ и S_{Eq}^- , $q = 1, 2$, к простой разности и критерию

$$S_{Eq}^+ - S_{Eq}^- > C - mv \quad \text{при } q = 1, 2$$

возможна некоторая потеря информации о выборках и, следовательно, возможны дополнительные ошибочные решения при выполнении обнаружения.

Для простоты изложения далее будем рассматривать новый критерий вида (2). Подсчитать уровень значимости этого критерия

$$P\{S_{Eq}^+ > h(S_{Eq}^0), q = 1, 2 \mid H_0\},$$

можно с помощью следующего утверждения. Введем сначала необходимые обозначения. Пусть D обозначает множество тех упорядоченных разбиений d числа v на $(m+1)^2$ неотрицательных целых слагаемых $v_{st} \geq 0$ вида

$$d : v_{00}, v_{01}, \dots, v_{0m}, v_{10}, v_{11}, \dots, v_{1m}, \dots, v_{m(m-1)}, v_{mm}$$

(разбиения различаются либо порядком следования чисел, либо самими числами), для которых выполняется неравенство $u > h(mv - u - t)$, где

$$u = \sum_{h=0}^{m-1} \sum_{k=0}^{m-1} (m - \max(h, k)) v_{hk}, \quad t = \sum_{h=1}^m \sum_{k=1}^m \min(h, k) v_{hk}.$$

Возьмем два подобных разбиения числа v :

$$d' : v'_{00}, v'_{01}, \dots, v'_{0m}, v'_{10}, v'_{11}, \dots, v'_{1m}, \dots, v'_{m(m-1)}, v'_{mm},$$

$$d'' : v''_{00}, v''_{01}, \dots, v''_{0m}, v''_{10}, v''_{11}, \dots, v''_{1m}, \dots, v''_{m(m-1)}, v''_{mm}.$$

Тогда уровень значимости нового критерия (2) можно записать в следующем виде:

$$P\{S_{Eq}^+ > h(S_{Eq}^0), q = 1, 2 | H_0\} = \frac{m!(v!)^2}{(m+2n)!} \sum_{d' \in D} \sum_{d'' \in D} \left(\prod_{k=0}^m s_k! \right) \left(\prod_{h,k=0}^m v'_{hk}! v''_{hk}! \right)^{-1},$$

где

$$s_k = \sum_{h=0}^m (v'_{hk} + v'_{kh} + v''_{hk} + v''_{kh}).$$

Отсутствие полной априорной информации делает затруднительным отыскание оптимальной функции h критических значений. Вполне подходящей может быть функция h , полученная с помощью известной в математической статистике концепции близких гипотез. К сожалению, точные выражения для мощности (вероятности отклонения гипотезы H_0 , когда справедлива альтернативная гипотеза) критериев (1) и (2) установить нелегко. Исключение составляют лишь несколько частных случаев в которых возникающие интегралы удается получить в явном виде. Одним из них является случай, когда в качестве близкого альтернативного распределение для величин X_i выбирается распределение (гипотеза $H_1^*(a)$)

$$G(x) = (1-a)F(x) + aF^2(x), \quad (3)$$

где $0 < a \leq 1$ (при $a = 0$ имеет место нулевая гипотеза H_0). Распределение (3) примечательно еще и тем, что в случае с этим распределением при достаточно малых $a > 0$ критерий Вилкоксона-Манна-Уитни является наиболее мощным среди всех так называемых ранговых критериев.

При гипотезе $H_1^*(a)$ вероятность $P\{S_{E1}^+ = u, S_{E1}^- = t | H_1^*(a)\}$ для $m, 2v \geq 2$ допускает представление

$$m!v! \sum_{d \in D} \left(\prod_{i=0}^m s_k! \right) \left(\prod_{h,q=0}^m v_{hq}! \right)^{-1} \sum_{i=0}^m \frac{(2a)^i (1-a)^{m-i}}{(m+n+i)!} A_{m,i},$$

здесь

$$s_i = \sum_{h=0}^m (v_{hi} + v_{ih}), \quad i = 0, \dots, m;$$

$A_{m,0} = 1$, $A_{i,1} = s_0 + 1$, а остальные числа $A_{m,i}$ могут быть получены с помощью рекуррентных соотношений ($j = 2, 3, \dots, m$):

$$A_{j,1} = A_{j-1,1} + S_{j-1}, \quad A_{j,i} = A_{j-1,i} + A_{j-1,i-1} (S_{j-1} + i - 1), \quad i = 2, 3, \dots, j-1;$$

$$A_{j,j} = A_{j-1,j-1} (S_{j-1} + j - 1),$$

где $S_{j-1} = s_0 + s_1 + \dots + s_{j-1} + j$.

Перейдем к непосредственному отысканию подходящей функции $h(z)$. Обозначим через $H_1^*(a^*)$ альтернативную гипотезу с распределением (3) при фиксированном значении параметра $a = a^*$. Введем в рассмотрение совместное распределение статистик S_{E1}^+ и S_{E1}^0 при этой «простой» гипотезе

$$P_1^*(u, z) = P\{S_{E1}^+ = u, S_{E1}^0 = z | H_1^*(a^*)\} = P\{S_{E1}^+ = u, S_{E1}^- = mv - u - z | H_{E1}^*(a^*)\}$$

и обратимся к единичному критерию Манна-Уитни $S_{E1}^+ > h(S_{E1}^0)$. Если основная (проверяемая) гипотеза отклоняется, когда пара статистик S_{E1}^+ и S_{E1}^0 попадает в некоторую область W_1 , то в математической статистике такую область принято называть критической (критерием). Оптимальная критическая область (ОКО) W_1^* с уровнем значимости, не превышающим заданный уровень значимости α_1 , совпадающий с уровнем значимости критерия Манна – Уитни, в соответствии с фундаментальной леммой Неймана-Пирсона может быть построена следующим образом. Обозначим через e_{ij} событие $\{S_{E1}^+ = u_i, S_{E1}^0 = z_j\}$. Все эти возможные события удобно пронумеровать (расположить в памяти ЭВМ) в порядке убывания (не возрастания) величин $L^*(e_n) = p_1^*(e_n) / p_0(e_n)$, т. е. так, чтобы

$$L^*(e_1) \geq L^*(e_2) \geq \dots \geq L^*(e_k) \geq L^*(e_{k+1}) \geq \dots$$

Именно в этом порядке следует включать события e_i в ОКО W_1^* . Процедура включения продолжается до первого нарушения неравенства

$$\sum_{i=1}^{k+1} p_0(e_i) > \alpha_1. \quad (4)$$

Тогда для фиксированного z в качестве $h(z)$ следует взять наименьшее из тех значений u , при которых пара (u, z) содержится в полученном множестве W_1^* . Уровень значимости полного нового критерия (2) с полученными выше критическими значениями будет значительно меньше α_1 . Если он оказался слишком малым, то следует заменить α_1 в (4) на большее значение.

В связи с поставленной задачей и с тем, что критерий Уитни и предлагаемый новый критерий наиболее чувствительны к сдвигам распределений, интересно сравнить мощности этих критериев для распределений отличающихся сдвигами. Наиболее просто это сделать для случая с экспоненциальными распределениями:

$$H_0: F(x) = 1 - e^{-x} \quad \text{при } x \geq 0, \quad (5)$$

$$H_1: G(x) = 1 - e^{-(x-\theta)} \quad \text{при } x > \theta, \quad \theta > 0. \quad (6)$$

Заметим, что экспоненциальное распределение весьма часто встречается при анализе изображений.

Пример: $m = 5$, $n = 4$, $C = 15$ в (1), $\alpha_1 = 0,095238$ в (4). С помощью концепции близких гипотез при $a = a^* = 0,7$ в (3) были получены критические значения, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Значения $h(z)$, $z = 1, \dots, 10$

z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
h	8	7	7	6	5	4	4	3	2	1	0

Чтобы уровень значимости нового критерия (2) оказался несколько меньше уровня значимости критерия Уитни (1), была сделана замена $h(0) = 9$. Результаты вычисления мощности критериев (в задаче обнаружения – вероятно-

сти обнаружения) для разных значений θ в (5)-(6) даны в табл. 2. Столбец с $\theta = 0.0$ содержит уровни значимости критериев.

Таблица 2

Мощности критериев Уитни и нового критерия (2)

θ	0.0	0.01	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	2.5	3.0	4.0
Уитни	0.0257	0.0270	0.0404	0.061	0.166	0.41	0.79	0.87	0.92	0.974
новый критерий	0.0250	0.0263	0.0410	0.065	0.199	0.52	0.90	0.96	0.98	0.997

Нижний ряд принадлежит новому критерию (2). Из сравнений в таблице достаточно хорошо видно преимущество нового критерия в мощностях (вероятности обнаружения).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Салов Г.И. О мощностях одного нового статистического критерия и двухвыборочного критерия Вилкоксона // Автометрия. - 2014. - Т. 50, № 1. -- С. 44-59.
2. Салов Г.И. Новый непараметрический статистический критерий для задач с тремя выборками, частный случай которого эквивалентен критерию Уитни // Сибирский журнал вычислительной математики. - 2014. - Т. 17, № 4. - С. 389-397.

© В. П. Пяткин, Г. И. Салов, 2015

ДЕТАЛЬНОСТЬ КЛАСТЕРИЗАЦИИ И СОКРАЩЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВА СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ ДАННЫХ ДЗЗ¹

Валерия Сергеевна Сидорова

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6, научный сотрудник лаборатории обработки изображений, тел. (383)330-73-32, e-mail: sv@ooi.sccc.ru

Рассматривается возможность сокращения размерности векторного пространства спектральных признаков, связанная с выбором детальности кластеризации данных ДЗЗ. Сокращение размерности используется в делимом иерархическом гистограммном алгоритме кластеризации с отделимостью кластеров, не хуже заданной. Иллюстрируется приложение алгоритма для картирования загрязнений территории промышленными отходами по спектральным признакам спутника Земли.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, кластеризация, многомерная гистограмма, кластерная разделимость, собственное пространство векторов.

DETAIL OF CLUSTERING AND REDUCING THE SPACE SPECTRAL FEATURES DIMENSION FOR REMOTE SENSING DATA

Valeria S. Sidorova

Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 6 Lavrentjev avenu, scientific researcher, laboratory of Image Processing, tel. (383)330-73-32, e-mail: sv@ooi.sccc.ru

Reducing the dimension of the vector space with the detail choice for the spectral features clustering is considered. This is used in the hierarchical divisible histogram algorithm to cluster separability, not worse given. The application of the algorithm for the territory mapping of industrial waste pollution is illustrated on spectral features of the Earth satellite.

Key words: remote sensing, image processing, clustering, multidimensional histogram, cluster separability, own space vectors.

Кластеризация данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученных со спутников Земли, может быть представлена с различной детальностью. Это соответствует структуре данных, отображающих природные объекты различных масштабов. Например, можно разделить объекты изображения по спектральным признакам на леса, поля, воду при грубой детализации. Но более детальное рассмотрение может найти более детальную структуру внутри этих объектов. (Лес хвойный и лиственный, поля различных культур и т.д.). Для кластеризации таких данных хорошо подходит алгоритм Нарендры [1]. Этот быстрый алгоритм позволяет находить кластеры произвольной формы и размеров. Он не требует задания числа кластеров и вообще каких-либо предвари-

¹ Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13- 07- 00068) и программы № 43 Президиума РАН (проект № 32).

тельных предположений о форме распределений. Алгоритм находит скопления векторов, анализируя многомерную гистограмму и разделяя данные по унимодальным кластерам. Однако в этом алгоритме произвольно заранее определяется детальность кластеризации предварительным квантованием векторного пространства признаков. То есть, предварительно вектора группируются более простым правилом. Алгоритм Нарендры был реализован и описан в [2-5].

Если пространство многоспектральных векторов преобразовать в собственное, то его размерность может оказаться ниже исходного. В этой статье анализируется возможность сокращения размерности пространства признаков, связанная с выбором различной детальности кластеризации.

Квантование пространства признаков может производиться по разным правилам. У Нарендры оно достигается отсечением младших битов в каждом спектральном канале. Каждое отсечение уменьшает число уровней квантования вдвое. В работе [5] был предложен другой способ, более плавный, но по-прежнему в каждом направлении число уровней квантования сохранялось одинаковым. Однако, в общем случае, данные вытянуты вдоль какого-то направления, и правило квантования, обеспечивающее наименьшую потерю информации, требует различного подхода в различных направлениях, а именно: квантование должно сохранять ячейку квантования в форме гиперкуба (а не гиперпараллелепипеда). Это условие будет выполнено, если число уровней квантования вдоль каждой оси собственного пространства пропорционально квадратному корню из соответствующего собственного числа. (Собственное число характеризует разброс вдоль оси), а именно:

$$\frac{N_{e1}}{S_{e1}} = \frac{N_{e2}}{S_{e2}} = \dots = \frac{N_{ek}}{S_{ek}}, \quad (1)$$

где $N_{e1}, N_{e2}, \dots, N_{ek}$ числа уровней квантования вдоль для соответствующих собственных векторов по k ортонормированным осям, а $S_{e1}^2, S_{e2}^2, \dots, S_{ek}^2$ собственные числа.

Зададим максимальное число уровней квантования в собственном пространстве равным $N_{em}=255$, таково обычное число уровней серого для данных дистанционного зондирования по каждому измерению. Тогда, в соответствии с пропорциями (1) может быть найдено число уровней квантования и по другим осям собственного пространства. Для задач кластеризации это число должно быть больше или равно 2, иначе эта компонента одинакова для всех векторов и никакой роли в кластеризации не играет. Таким образом, если отношение $S_{em}/S_{ex} < 2$, то соответствующая ось x может не рассматриваться, и мы получаем сокращение размерности пространства признаков.

В работе [5] предложено автоматизировать выбор детальности (или иначе: выбор числа уровней квантования), основываясь на разделимости кластеров. Анализ показал, что с увеличением детальности большую роль начинает играть шум. Иерархический алгоритм [6,7] предлагает для заданной разделимости находить предельную детальность, причем в различных областях данных свою. Таким образом, предельная детальность ограничена заданной отделимостью

кластера, поэтому и размерность векторного пространства будет зависеть от задания отделимости кластера. Реально, максимальное число уровней квантования бывает меньше 255, соответственно, размерность собственного пространства также может оказаться меньше.

Приведем пример для реальных данных. Изображение Омской области в семи спектральных каналах (видимых и инфракрасных диапазонах) со спутника ИСЗ “Landsat-8” (разрешение 15 м; 08.02.2014) было любезно предоставлено сибирским центром ФГПУ “НИЦ “ПЛАНЕТА” (рис. 1). Цель исследования состояла в возможности применения полученной карты кластеризации данных по спектральным спутниковым данным ДЗЗ для помощи при оценке загрязнений отходами производств территории.

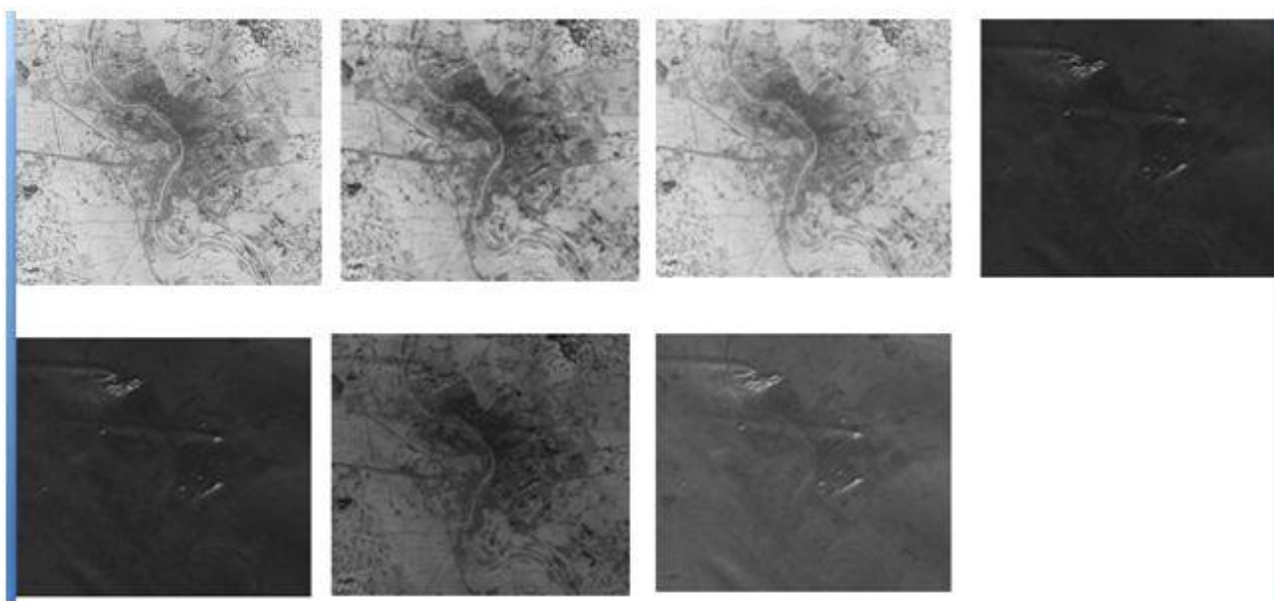


Рис. 1. Изображение 3161*2590 пикселей в семи спектральных каналах с ИСЗ “Landsat-8”. Омская область 08.02.2014

Новый алгоритм кластеризации предварительно осуществляет сокращение размерности векторного пространства спектральных признаков с семи до трех следующим образом. Вычисляется ковариационная матрица всех данных (по семи спектральным каналам). Затем матрица приводится к диагональному виду методом Якоби [8]. Сравниваются корни из полученных собственных чисел матрицы. Максимальное число $S_{em} = 31$. При нормальном распределении признака по каждой оси 97% векторов попадет в интервал $4.2S$. Положим квантование вдоль оси m на 130 уровней. Используя впоследствии делимый иерархический кластерный алгоритм, мы начинаем с маленькой детальности (малого числа уровней) и постепенно увеличиваем ее. Знаем, что доходим вдоль оси m только до 60 уровней. Учитывая соотношение с шестью другими собственными числами и (1), получаем, что только еще для двух измерений собственного пространства число уровней квантования может достигнуть 2. Поэтому оставляем три измерения. Эти три новые координаты трехмерных векторов в собственном пространстве получаем линейным преобразованием семи старых координат.

Матрица перехода от исходной системы координат к ортонормированной системе собственного пространства определяется в методе Якоби [8].

Затем используется делимый иерархический гистограммный алгоритм для собственного трехмерного пространства векторов [6,7] с заданной предельной отделимостью кластеров $d=0.15$ ($0 < d < 1$). Этот алгоритм, сохраняя достоинства алгоритма Нарендры (быстрый, автоматический, не требует задания числа кластеров и никаких других данных), переходя от одного этапа иерархии к другому, увеличивает детальность рассмотрения в соответствии со средней разделительностью кластеров и анализирует отделимость каждого кластера. После прохождения заданного числа этапов иерархии полученные кластеры анализируются на предмет отделимости и при нарушении условия отделимости отправляются на тот этап, где они были хороши. На первом этапе иерархии (рис. 3) получено всего 6 кластеров. Два из них (красный и черный) соответствуют дымам ТЭЦ Омской области (координаты ТЭЦ на географической карте подтверждают это). Они выглядят в виде язычков, видно их скопление на северо-северо-западе. Для десяти этапов иерархии получено 27 унимодальных кластеров (рис. 4). Максимальная детальность при этом соответствует 60 уровням квантования (как указывалось выше). Углы розового и фиолетового кластеров на северо-востоке соответствуют загрязнению снега территории Омской области. Это соответствует преобладанию юго-западных ветров в области. Дальнейшее увеличение детальности (числа этапов иерархии) ведет к тому, что увеличивается доля кластеров с отделимостью хуже заданной $d=0.15$. Время работы программы не превышает несколько минут на РС с конфигурацией: 1. ГГц, 512 МБ.

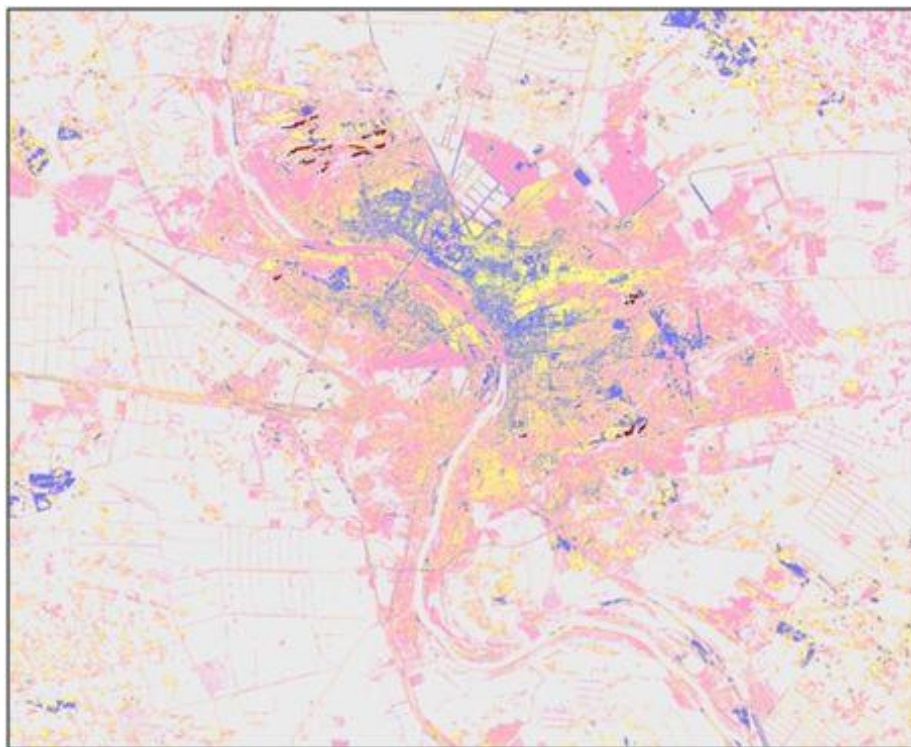


Рис. 2. Первый этап иерархии. Получено 6 кластеров. Два из них (красный и черный) соответствуют дымам ТЭЦ Омской обл.

Дальнейшее развитие алгоритма предполагает индивидуальное сокращение размерности внутри каждого кластера при иерархическом подходе.

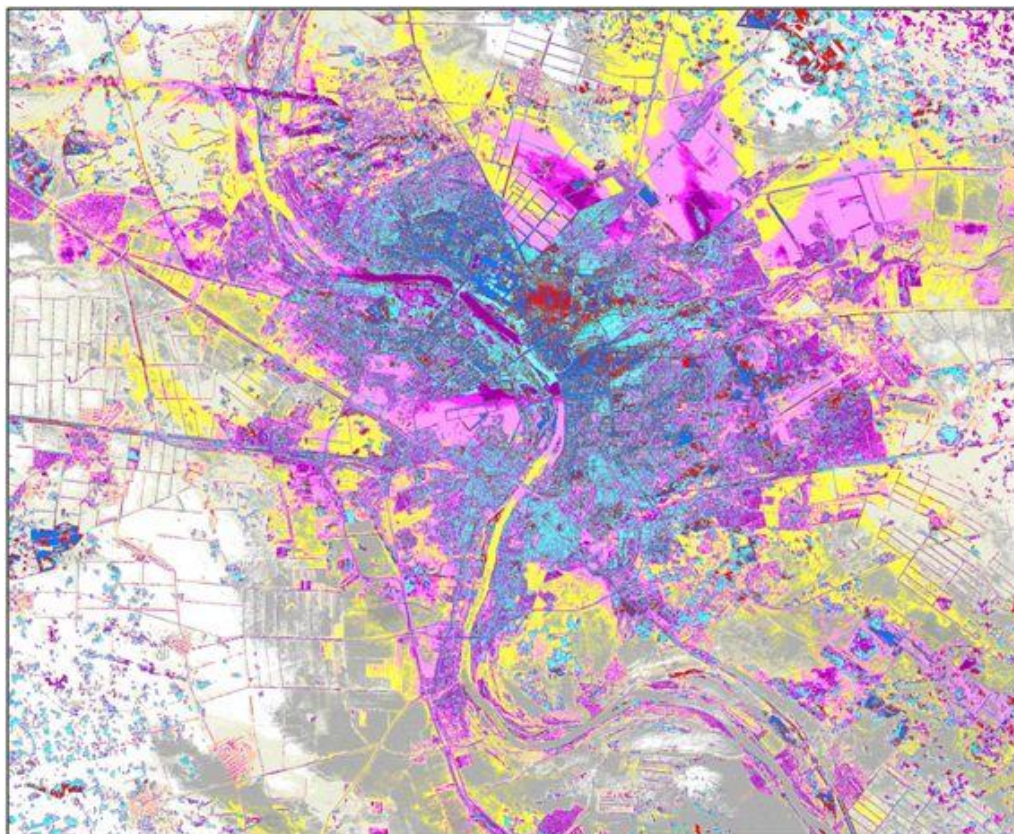


Рис. 3. Кластеризация (10 этапов иерархии).
Получено 27 унимодальных кластеров

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Narendra P.M. and Goldberg M. A non-parametric clustering scheme for LANDSAT // Pattern Recognition. – 1977 – 9 – P. 207 -215.
2. Сидорова В.С. Кластеризация многоспектральных изображений с помощью анализа многомерной гистограммы // Новосибирск. Сб.: Математические и технические проблемы обработки изображений. СО АН СССР. 1986. С. 52-57.
3. Сидорова В.С. Классификация многоспектральных космических изображений поверхности Земли с помощью разделения многомерной гистограммы по унимодальным кластерам // Ж. Вестник КазНУ., сер. географическая. 2004. N 2(19). С. 206-210.
4. V. S. Sidorova. Separating of the Multivariate Histogram on the Unimodal Clusters. // Proceedings of the Second IASTED International Conference “Automation Control and Information Technology”. – Novosibirsk. – 2005. – P. 267–274.
5. Сидорова В.С. Оценка качества классификации многоспектральных изображений гистограммным методом // Автометрия. – 2007. – Том 43. – №1. – С. 37- 43.
6. V.S. Sidorova. Detecting Clusters of Specified Separability for Multispectral Data on Various Hierarchical Levels // Pattern Recognition and Image Analysis. 2014, Vol. 24, No. 1. – P. 151-155.
7. Сидорова В.С. Новый гистограммный алгоритм с автоматическим выбором детальности кластеризации по заданной разделимости кластеров. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. – Новосибирск: СГГА, 2012, Т.2, С. 149-154
8. Калиткин Н.Н. Численные методы. Москва. “ Наука ”. 1978. СС. 512.

© В. С. Сидорова, 2015

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ НА ТЕРРИТОРИИ КАЛЬЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; СГУГиТ, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Андрей Геннадьевич Шарикалов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

Проведен анализ изменения состояния экосистем на территории Кальчинского месторождения нефти в Уватском районе Тюменской области. Продемонстрировано, что предложенная методика автоматизированного дешифрирования территорий в южной тайге, обладает высокой эффективностью при дешифрировании земель водного и лесного фонда, а также других видов земель.

Ключевые слова: Западная Сибирь, Тюменская область, Уватский район, южная тайга, нефтедобыча, дистанционное зондирование земли, мониторинг.

ANALYSIS OF THE STATUS OF ECOSYSTEMS IN THE TERRITORY OF KALCHINSK OIL FIELD USING AUTOMATED INTERPRETATION METHODS

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Academician Lavrentjev, Sc. D., senior researcher, laboratory of biogeocenology; SSUGT, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Andrei G. Sharikalov

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., post graduate student, department of ecology and wildlife management, tel. (383)361-08-86, e-mail: sharikalov.andrey@gmail.com

The analysis of changes in ecosystems in the territory of the Kalchinsk oil field in the Uvat district in the Tyumen region was made. It's demonstrate that the proposed technique automated interpretation of territories in southern taiga have high efficiency for interpretation of land water and forest resources, as well as other kinds of land.

Key words: Western Siberia, Tyumen region, Uvat district, southern taiga, oil production, remote sensing, monitoring.

Дистанционное зондирование (ДЗ) можно представить как процесс, посредством которого собирается информация об объекте, территории или явлении без непосредственного контакта с ним. Космическое зондирование, пре-

доставило наукам о Земле новые возможности для исследования земной поверхности. В последнее время существенно возросли объем, разнообразие и качество материалов ДЗ. К настоящему времени накоплен огромный фонд (более 100 миллионов) аэрокосмических снимков, полностью покрывающих всю поверхность Земли. Для значительной части районов имеется возможность многократного перекрытия.

Полученные космические снимки не могут быть использованы в работе непосредственно. Основное предназначение предварительной обработки изображений – модификация данных с целью улучшения зрительного восприятия изображения, либо преобразование его в форму, более удобную для дальнейшего анализа. Классификация – это тематическая обработка, которая позволяет производить автоматизированное разбиение снимков на однородные по какому-либо критерию области. Получающееся при этом изображение является тематической картой. Различают два основных методологических подхода к проведению классификации: классификацию с обучением и автоматическую классификацию. В случае классификации с обучением, задача состоит в обнаружении на изображении объектов уже известных типов, что требует некоторых предварительных знаний об исследуемом участке земной поверхности. Методологической основой автоматической классификации является кластерный анализ, в ходе которого пытаются определить все встречаемые типы объектов при некотором уровне обобщения, а задача их интерпретации решается на втором этапе. Существуют алгоритмы сочетающие элементы классификаций с обучением и автоматической классификацией. Часто возникает необходимость тематической корректировки результатов классификации, особенно автоматической, выполняемой фактически по информационным характеристикам объектов. Для этого используется целый набор процедур, называемый операциями после классификационной обработки: слияние классов, разделение классов, устранение мелких ложных объектов, сглаживание границ объектов и т.п. Важным этапом в процессе классификации является оценка точности полученных изображений. Данная область обработки ДЗ в настоящее время довольно интенсивно развивается: появляются новые классификаторы, основанные на последних достижениях в области моделирования искусственного интеллекта и других областях прикладной математики [4, 6].

Дешифрирование – это специальная процедура, позволяющая связать географические структуры на земной поверхности с их изображением на снимке. Дешифрирование выполняется на основе информации о наличии или отсутствии связанных с субъектом косвенных признаков. Например, границы почв напрямую связаны с такими факторами почвообразования, как рельеф и растительность. Поэтому дешифрирование последних позволяет восстановить и распределение почвенного покрова [4].

Целью данной работы был анализ изменения состояния экосистем на территории Кальчинского месторождения нефти, находящегося в подзоне южной тайги Западной Сибири в пределах Уватского района Тюменской области. Общая площадь месторождения 7206,1 га. Область исследования была ограничена

пространственным контуром месторождения (зоной нефтенакопления). На момент исследования месторождение находилось на стадии разработки. Месторождение было открыто в 1990 году, и в 1992 году введено в разработку [2].

Исследование территории месторождения выполнялось по материалам дистанционного зондирования Земли. Использованные спутниковые снимки Landsat 7 ETM+ и Landsat 5 TM были представлены геологической службой правительства США (U.S. Geological Survey) в рамках проекта Glovis [10]. В данной работе в целях выделения наиболее значимых спектральных признаков на множестве регистрируемых диапазонов, а также уменьшения влияния таких явлений как разности в освещенности снимков, облачности, дымки, поглощении радиации атмосферой и др. использовался нормализованный относительный индекс растительности NDVI, а также преобразование Tasseled Cap. Нормализованный относительный индекс растительности, обычно называемый вегетационным индексом или плотностью растительности, является простым количественным показателем количества фотосинтетической активности биомассы. Плотность растительности в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей [8].

Расчет вегетационного индекса базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и пр. [9].

Благодаря особенности отражения в используемых вегетационным индексом областях спектра, природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет использовать этот параметр для их идентификации. Изучая отображенные на снимках объекты в различных диапазонах электромагнитного спектра можно отметить, что их спектральные яркости хотя и отличаются, но сильно коррелированы. Таким образом, система измерений не образует ортогональный базис. Преобразование Tasseled Cap осуществляет переход из пространства измерений спектральных яркостей объектов, в пространство признаков, связанных со свойствами заданного класса объектов [1].

Результат преобразования космического снимка Landsat 5 TM на территорию Кальчинского месторождения приведен на рис. 1.

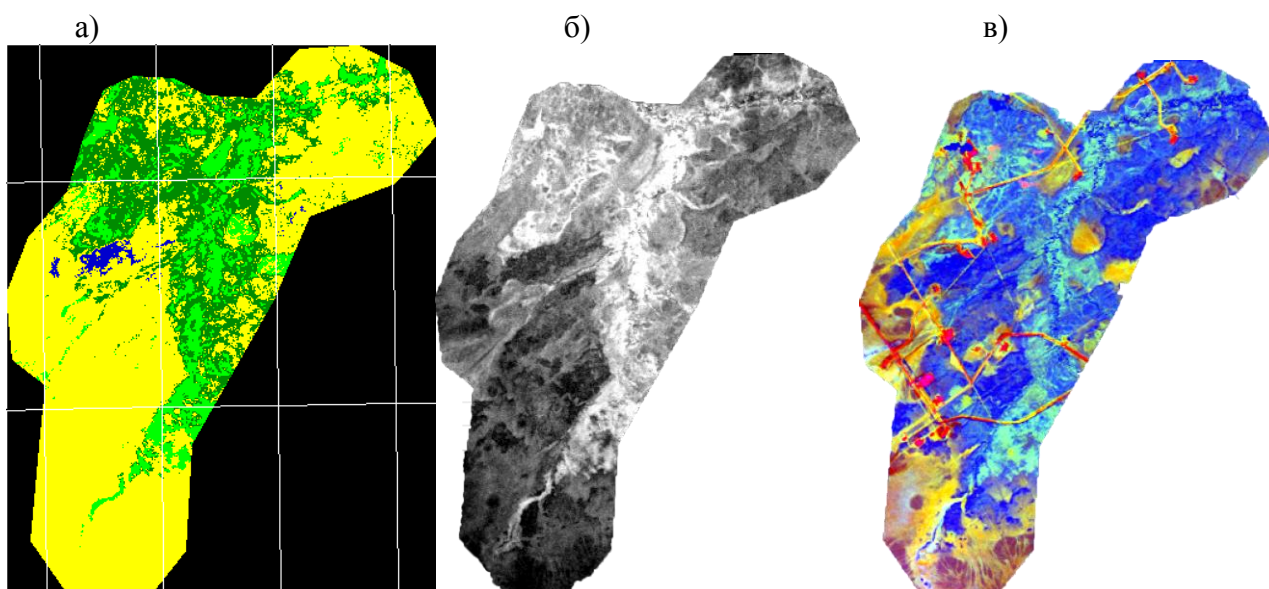


Рис. 1. Результат преобразования космического снимка на территорию Кальчинского месторождения (а – анализ снимка со спутника Landsat 5 ТМ 1987 г.; б – индекс NDVI; в – результат преобразования Tasseled Cap)

Для получения базовых векторов были выбраны три типа объектов: яркость – Brightness, «зелёность» – Greenness, и влажность – Wetness. Для определения расположения векторов, характеризующих эти признаки, использовались усредненные измерения спектральных яркостей трех типов объектов чистой почвы, растительности и водной поверхности соответственно. Для определения коэффициентов преобразования Tasseled Cap можно использовать метод Грамма-Шмидта либо также метод главных компонент, который дает аналогичный результат. В данной работе использовались стандартные коэффициенты преобразования Tasseled Cap для спутниковых снимков Landsat 5 ТМ и Landsat 7 ETM+ заложенные в программный продукт ENVI 4.8 [3].

За основу в процессе классификации видов земельных угодий была взята универсальная система классификации данных на основе аэро- и космических снимков разработанная в США. Использован первый и частично второй уровень детализации категорий угодий, а именно: водные поверхности, хвойные леса, лиственные и смешанные леса, застроенные земли, территории лишенные растительного покрова, незаселенные заболоченные земли [3].

Пороговые значения критериев разделения типов угодий подбирались для каждого снимка индивидуально с учетом периода вегетации, условий освещенности, ландшафтных особенностей и др. Результат классификации сравнивался визуально с имеющимися топографическими картами на исследуемую территорию масштабов 1:500 000–1:100 000, в случае необходимости проводилось редактирование критериев разделения типов угодий и повторный анализ [5, 7].

По результатам работы были составлены две ландшафтно-экологические карты для Кальчинского месторождения (состояние экосистем 17 лет назад и в настоящее время), с помощью которых стало возможно определить площади основных классов экосистем на изученной территории и оценить их динамику.

ку. Для каждого класса экосистем определялся процент от общей площади территории месторождения.

На исследуемой территории разведываемого нефтяного месторождения за 17 лет произошло уменьшение доли территории занятой преимущественно смешанными и лиственными на 0,09 %, а также хвойными лесами на 2,28 %. Доля заболоченных земель увеличилась, в общем, на 1,44 %, а площадь водных объектов – на 0,07 %. Одновременно произошло увеличение доли территорий, занятых объектами промышленности и транспортной инфраструктурой (на 0,55 % от общей площади месторождений). Также увеличивается доля лишенных растительности, незастроенных территорий (на 0,31 %).

Таким образом, установлено, что данная методика автоматизированного дешифрирования природно-территориальных комплексов показала высокую эффективность дешифрирования земель водного и лесного фонда по типу растительного покрова, а также возможность своего применения при мониторинге других видов земель.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
2. Клещев К.А. Нефтяные и газовые месторождения России: справочник: В 2 кн. – Кн. 2. Азиатская часть России / К. А. Клещев, В. С. Шеин. – М.: ВНИГНИ, 2010. – 711 с.
3. Трифонова Т. А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях: учебное пособие для вузов / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко, А. Н. Краснощеков. – М.: Академический Проект, 2005. – 352 с.
4. Чандра А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
5. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных экосистем // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 95–100.
6. Шарикалов А. Г. Анализ состояния таежных экосистем с использованием методики автоматического дешифрирования / А. Г. Шарикалов, М. В. Якутин // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3/1. – С. 123–127.
7. Якутин М. В., Ван А. В., Шарикалов А. Г. Динамика площадей экосистем на территории мамонтовского месторождения нефти (Западная Сибирь) // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 167–170.
8. Asner G.P. Per-pixel analysis of forest structure. Vegetation indices, spectral mixture analysis and canopy reflectance modeling / G. P. Asner, J. A. Hicke, D. B. Lobell // Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies. [Wulder, M.A., Franklin, S.E. (Eds.)]. – Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 209–254.
9. Gis-Lab: NDVI. Теория и практика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.
10. Wolfe R. E. Achieving sup-pixel geolocation accuracy in support of MODIS land science / R.E. Wolfe, M. Nishihama, A.J. Fleig et al. // Remote Sens. Environ. – 2002. – Vol. 83. – P. 31–49.

© М. В. Якутин, А. Г. Шарикалов, 2015

ПОЧВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ПЕРВЫХ СТАДИЙ РАССОЛЕНИЯ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ БАРАБЫ

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; СГУГиТ, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Владислав Семенович Андриевский

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии, тел. (383)363-90-25, e-mail: VS@issa.nsc.ru

Людмила Юрьевна Анопченко

Сибирский государственный университет геодезии и технологии, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: milaa2006@ngs.ru

Проведен анализ состояния деструкционного блока в почвах, развивающихся на засоленных илах озерного происхождения с использованием почвенно-зоологических и почвенно-микробиологических методов. Продемонстрированы резкие изменения изученных параметров в почвах, находящихся на различных стадиях развития. Делается вывод о возможности применения использованных методов в практике экологического мониторинга.

Ключевые слова: Новосибирская область, Западная Бараба, засоление, почвы, почвенная микробиология, почвенная зоология, методы, экологический мониторинг.

SOIL-BIOLOGICAL METHODS IN ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE FIRST STAGES OF SOIL DESALINIZATION IN THE WESTERN BARABA

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Academician Lavrentjev, Sc. D., senior researcher, laboratory of biogeocenology; SSUGT, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Vladislav S. Andrievskiy

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Academician Lavrentjev, Ph. D., senior researcher, laboratory of biogeocenology, tel. (383)363-90-25, e-mail: VS@issa.nsc.ru

Lyudmila Yu. Anopchenko

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., assistant professor, department of ecology and wildlife management, tel. (383)361-08-86, e-mail: milaa2006@ngs.ru

The analysis of the soil's decomposition block state in emerging young soils with use of soil-zoological and soil-microbiological methods is carried out. The saline sediments have lacustrine

origin. Sharp differences between different soils on the studied indicators are shown. . The conclusion about possibility of application of the used methods in ecological monitoring practice becomes.

Key words: Novosibirsk region, Western Baraba, salinization, soil microbiology, soil zoology, methods, environmental monitoring.

Юг равнинной территории Западной Сибири – это провинция с недостаточно увлажненными почвогрунтами и с преобладанием привноса солей над их выносом. Многочисленные участки с внутренним стоком относятся к районам солевых аккумуляций. Для Причановской равнины Барабы характерны гривы и озерно-болотные межгривные понижения. Естественная дренированность в целом слабая (0,1-0,7). Грунтовые воды распространены повсеместно на глубине 0,5-5 м. Минерализация их колеблется от 1-3 до 10-30 г/л, химизм весьма пестрый. Транзит солей здесь затруднен, распространено очаговое соленакопление. Солонцеватые и засоленные почвы занимают более 50% общей площади [5].

Процессы соленакопления, характерные для Барабинской равнины, происходили здесь в течение исторического времени. Вследствие слабой дренированности территории и потери ею сточности соли практически не выносились за пределы Барабы, поэтому процессы почвообразования протекали и протекают здесь в условиях обогащенности пород легкорастворимыми солями. В целом на территории Барабинской равнины смена химизма природных солевых аккумуляций с северо-востока на юго-запад происходит от гидрокарбонатного через сульфатно- и хлоридно-гидрокарбонатный щелочной содовый, сульфатный и хлоридный с небольшим содержанием соды до сульфатного и хлоридного бессодового [1].

Эволюция молодых почв непосредственно после выхода поймы из-под воды начинается с процесса аккумуляции в них подвижных солей, вследствие чего происходит засоление этих почв. По мере опускания базиса эрозии начинается и продолжается в дальнейшем вынос подвижных солей в более низко расположенные элементы рельефа. Вследствие этого происходит распреснение формирующихся почв и изменение химизма в сторону уменьшения хлоридности и увеличения в их солевом составе роли сульфат- и гидрокарбонат-ионов.

Глубина залегания почвенно-грунтовых вод в пойменных почвах озерных депрессий в целом приблизительно одинакова. Фактором, определяющим этап эволюции, на котором находятся эти почвы, является их относительная высота над наиболее низко расположенными озерными депрессиями. По мере снижения гипсометрических уровней, и, соответственно, уменьшения возраста почв, увеличивается их гидроморфность и неустойчивость вводно-солевого режима [7].

В настоящее время установлено, что засоление – одно из наиболее стрессующих условий окружающей среды для почвенных микроорганизмов [13] и почвообитающих животных. Вообще установлено, что для засоленных почв характерны специфические микробные сообщества [3].

Исследований биологических характеристик засоленных почв во всем мире вообще немного. При изучении микробиологической активности в аридных

засоленных почвах было показано, что при увеличении уровня засоления снижается С-биомассы микроорганизмов и базальное дыхание. Также при засолении уменьшается С/Ν-отношение в микробной биомассе, что свидетельствует о доминировании бактерий в микробной биомассе в засоленных почвах [16].

Цель данного исследования состояла в оценке применимости почвенно-биологических методов для целей мониторинга первых стадий развития молодых экосистем, формирующихся на засоленных почвообразующих субстратах в Западной Барабе.

В качестве объектов исследования на южном берегу озера Чаны (Ярковский плес) была выбрана серия разновозрастных почв, сформировавшихся на обсохших в разное время участках дна озера. Основные характеристики исследованных экосистем приведены в табл. 1.

Таблица 1

Почва	Геоморфологическое положение. Абсолютная высота	Растительность. Проективное покрытие / высота травостоя	Хозяйственное использование
Т.0. Озерные иловые отложения	На уровне уреза воды. 105 м.	Отсутствует	Не используется
Т.1. Солончак луговой	100 м от уреза воды. Обсохшая береговая полоса озера. 106 м.	Солянковый луг. 0-60 % / 0-10 см	Не используется
Т. 2. Почва луговая солончаковая	200 м от уреза воды. Поверхность надпойменной террасы озера. 107 м.	Разнотравно-злаковый луг. 60 % / 10-60 см	Пастбище

Образцы отбирались из верхних горизонтов всех исследованных почв в четырехкратной повторности по общепринятой методике [2]. Поскольку влажность почвы в т.0 в момент отбора образцов составляла 100%, перед лабораторной обработкой образцы этой почвы подсушивались непродолжительное время [14]. В образцах определялось содержание углерода в биомассе почвенных микроорганизмов (С-биомассы) методом фумигации-инкубации и базальное дыхание [15].

Для анализа населения панцирных клещей отбирались почвенные пробы стандартным цилиндрическим пробоотборником послойно, по 5 см в глубину в 10-кратной повторности в каждой экосистеме. Выгонка клещей из почвы осуществлялась общепринятым для микроартропод методом термоэктации Тулльгрена-Берлезе [4]. Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационного и дисперсионного анализов [6, 8].

В эмбриоземе (Т. 0) отмечен низкий уровень С-биомассы микроорганизмов, что характерно вообще для молодых почв [10], и высокий уровень дыхательной активности. Это объясняется высоким содержанием органического вещества (озерный ил) в молодой почве, только что вышедшей из-под воды. Ак-

тивность минерализации этого органического вещества оказалась очень высокой, несмотря на значительное содержание солей.

В луговом солончаке, второй стадии эволюции пойменных почв озерных депрессий, (Т. 1) наблюдается 2-х кратный рост запасов С-биомассы в верхнем (0-10 см) слое почвы по сравнению с Т. 0. Дыхательная активность низка по всему профилю почвы.

На третьей стадии эволюции почв озерных депрессий происходит постепенное распреснение почвенных профилей. И в луговой солончаковой почве (Т. 3) происходит резкое, в 1,8 раза, увеличение содержания микроббиомассы в верхнем 0-10 см слое. Дыхательная активность низка по всему профилю и, в целом, недостоверно отличается от таковой в солончаке луговом.

Таким образом, величина биомассы микроорганизмов тесно связана с уровнем засоления почв, и увеличивается при уменьшении степени засоленности молодой почвы.

На двух самых нижних позициях катены (Т. 0 и Т. 1) панцирных клещей не обнаружено. Это свидетельствует о крайне неблагоприятных для орибатид условиях в этих двух биотопах. В почве луговой солончаковой (Т. 3) было обнаружено 9 видов панцирных клещей. Три доминирующими видами в луговой солончаковой почве являются *Tectocephus velatus*, *Oribatella reticulata* и *Podoribates longipes*. Первый из этих видов, здесь являющийся супердоминантом, известен как полизональный эврибионт, заселяющий широкий диапазон экосистем как естественных, так и нарушенных, и адаптированный к экстремальным условиям существования самого разного характера. Он является доминантом в большинстве засоленных биотопов и Карасукской равнины. Два других доминанта луговой солончаковой почвы катены озера Чаны – *Oribatella reticulata* и *Podoribates longipes* также отмечены для Карасукской равнины как обильные виды ряда засоленных биотопов, но *Oribatella reticulata* там отмечена как вид, тяготеющий к луговому типу растительности, а *Podoribates longipes* характеризуется как интраполизональный вид, населяющий в разных ландшафтных зонах почвы с избыточным увлажнением.

Таким образом, рассоление засоленных почв приводит к увеличению массы и микробиологического и зоологического компонента деструкционного звена биологического круговорота. Происходит увеличение биомассы почвенных микроорганизмов, и постепенно начинается проявляться деятельность панцирных клещей, о чем свидетельствует увеличение таких количественных параметров их сообщества, как численность и видовое богатство.

В последние годы все больший интерес вызывают исследования, посвященные анализу возможностей использования различных методик в практике экологического мониторинга в различных регионах Российской Федерации [9, 11, 12]. Проведенное исследование продемонстрировало, что выявленные особенности изученных биолого-почвенных показателей (С-биомассы и базального дыхания микроорганизмов, численности и видового богатства панцирных клещей) могут быть успешно использованы в практике экологического мониторинга молодых почв, развивающихся на засоленных субстратах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Базилевич Н. И. Типы засоления природных вод и почв Барабинской низменности. – Труды Почвенного Института им. В.В. Докучаева, 1953. – Т. 36. – С. 172-429.
2. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Д. Г. Звягинцев, И. В. Асеева, И. П. Бабьева, Т. Г. Мирчинк. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 224 с.
3. Зенова Г. М. Галофильные и алкалофильные стрептомицеты засоленных почв / Г. М. Зенова, Г. В. Оборотов, Ж. Норовсурэн, А. В. Федотова, Л. В. Яковлева // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1347–1351.
4. Методы почвенно-зоологических исследований [под ред. М. С. Гилярова]. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
5. Панин П. С., Елизарова Т. Н., Шкаруба А. М. Генезис и мелиорация солонцов Барабы. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. – 192 с.
6. Плохинский Н. А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.
7. Пульсирующее озеро Чаны / [отв. ред. Н. П. Смирнова, А. В. Шнитников]. – Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1982. – 304 с.
8. Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
9. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Геоэкологический анализ состояния антропогенных экосистем // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 95–100.
10. Якутин М. В. Биомасса почвенных микроорганизмов в условиях моделирования различных режимов биологического круговорота // Сибирский экологический журнал – 1997. – № 4. – С. 435–442.
11. Якутин М. В., Анопченко Л. Ю. Структура запаса растительного вещества в мониторинге экосистем, формирующихся в обсыхающих поймах соленых озер Барабы // Вестник СГГА. – 2006. – Вып. 11. – С. 172–177.
12. Якутин М. В., Дубовик Д. С. О системе показателей мониторинга экосистем сухих степей // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 94–99.
13. Sardinha M. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions / M. Sardinha, T. Mülle, H. Schmeisky, R.G. Joergensen // Applied Soil Ecology. – 2003. – V. 23. – P. 237–244.
14. Ross, D. J. Modification to the fumigation procedure to measure microbial biomass C in wet soils under pasture: influence on estimates of seasonal fluctuations in the soil biomass / D.J. Ross // Soil. Biol. Biochem. – 1988. – V. 20. – P. 377–383.
15. Schinner, F. Methods in soil biology / F. Schinner, R. Ohlinger, E. Kandeler, R. Margesin. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – 420 p.
16. Yuan, B.-C. Microbial biomass and activity in salt affected soils under arid conditions / B.-C. Yuan, Z.-Z. Li, H. Liu, M. Gao, Y.-Y. Zhang // Applied Soil Ecology. – 2007. – V. 35. – P. 319–328.

© М. В. Якутин, В. С. Андреевский, Л. Ю. Анопченко, 2015

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Юрий Павлович Юронен

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 660014, Россия, г. Красноярск, пр. имени газеты «Красноярский рабочий», 31, доцент НОЦ ИКИВТ, тел. (391)262-93-68, e-mail: erdas@kniigims.ru

Виктор Владимирович Иванов

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок 50/45, корп. «Экология», начальник центра приема и обработки спутниковой информации; Красноярский филиал по космическому мониторингу Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России, начальник отдела, тел. (391)291-32-98, e-mail: ivanov@space.akadem.ru

Алексей Николаевич Борисевич

Красноярский филиал по космическому мониторингу Национального центра управления в кризисных ситуациях МЧС России, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок 50/45, корп. «Экология», главный специалист, тел. (391)291-32-98, e-mail: alexey@space.akadem.ru

В статье приводятся предпосылки создания в красноярском крае единой формализованной системы оперативного экологического мониторинга. Описана концепция и определены цели и задачи системы мониторинга на основании данных дистанционного зондирования геоинформационных систем. Описаны функциональная схема и схема информационного взаимодействия проектируемой системы.

Ключевые слова: экологический мониторинг, дистанционное зондирование, геоинформационные системы.

DEVELOPMENT OF THE OPERATIONAL ECOLOGICAL MONITORING SYSTEM OF THE KRASNOYARSK TERRITORY

Yurii P. Yuronen

Siberian State Aerospace University, 660014, Russia, Krasnoyarsk, 31 Krasnoyarsky Rabochoy Av., senior teacher, tel. (391)262-93-68, e-mail: erdas@kniigims.ru

Victor V. Ivanov

Siberian State Aerospace University, 660036, Russia, Krasnoyarsk, 50/45 Akademgorodok, build. «Ecology», chief of the satellite information receiving center; National Emergency Management Center, Krasnoyarsk branch of space monitoring, head of department, tel. (391)291-32-98, e-mail: ivanov@space.akadem.ru

Alexey N. Borisevich

National Emergency Management Center, Krasnoyarsk branch of space monitoring, 660036, Russia, Krasnoyarsk, 50/45 Akademgorodok, build. «Ecology», main specialist, tel. (391)291-32-98, e-mail: alexey@space.akadem.ru

The article outlines a background for development in the Krasnoyarsk region of the integrated formalized system of ecological operational monitoring. The basic concept is represented and the

main objectives of the monitoring system on the ground of the remote sensing and GIS data are specified herein. The functional scheme and scheme of informational relations are described.

Key words: ecological monitoring, remote sensing, geo-information systems.

В настоящее время на территории Красноярского края отсутствует единая формализованная система оперативного экологического мониторинга природных и антропогенных комплексов. Существуют только разрозненные по разным причинам (отсутствие межведомственного взаимодействия, несогласованность или незнание возможностей существующих центров) системы оперативного или условно оперативного мониторинга состояния окружающей среды по некоторым параметрам, таким как загрязнение воздуха и воды, радиационная обстановка, состояние лесного покрова и т.д.

Таким образом возникает необходимость консолидации существующих центров приема, хранения и обработки данных как дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), так и данных наземных наблюдений в целях создания единой доступной системы экологического мониторинга территории способной в режиме реального времени оперативно отражать существующую обстановку на всей площади наблюдения.

Эта задача может быть решена с помощью создания единого центра сбора, хранения и обработки информации из источников наземного наблюдения (посты контроля состояния воздушного пространства, воды, радиационной обстановки) и материалов ДЗЗ (которые позволяют экстраполировать и сопоставлять данные наземных наблюдений с космическими спектрально-зональными снимками). В последующем, с введением этих данных в геоинформационные системы (ГИС), поддерживающие современные картографические информационные и WEB технологии появляется возможность в режиме реального времени производить оценку состояния природной среды на территории Красноярского края, что позволяет в конечном счете оперативно реагировать на возникающие негативные воздействия и вырабатывать оптимальные административно-управленческие решения на различных уровнях исполнительной власти региона.

Преимуществом идеологии построения системы экологического мониторинга на основе небольшой, разрозненной и неравномерной сети наземных станций и материалов космических съемок, является то, что на территории с большой площадью появляется возможность прослеживать и контролировать экологическую обстановку, как небольших локальных участков с большими экологическими рисками, так и экологию всего региона в целом. Таким образом, можно говорить о масштабируемости этой системы, что позволит существенно уменьшить затраты на создание равномерной сети станций наземных наблюдений, число которых при необходимости можно увеличить.

Космические снимки Земли в целом обладают следующими свойствами делающими их уникальными при оперативном экологическом мониторинге территорий:

- единовременное разномасштабное наблюдение всей территории;

- высокая степень оперативности получения информации;
- наличие непрерывных архивов космической съемки;
- объективность и достоверность получаемой информации;
- возможность верификации по данным наземного наблюдения с последующей экстраполяцией на большие площади;
- автоматизированная генерация информационных продуктов для конечного пользователя;
- различный уровень генерализации и спектральных характеристик;
- распределенный доступ к базам данных;

Эти свойства делают космические снимки незаменимым инструментом при решении различного рода задач оценки экологического состояния региона в целом или его локальных областей, на которых велик риск изменения экологического состояния.

обобщенная функциональная схема построения такой системы может выглядеть следующим образом (рис. 1).

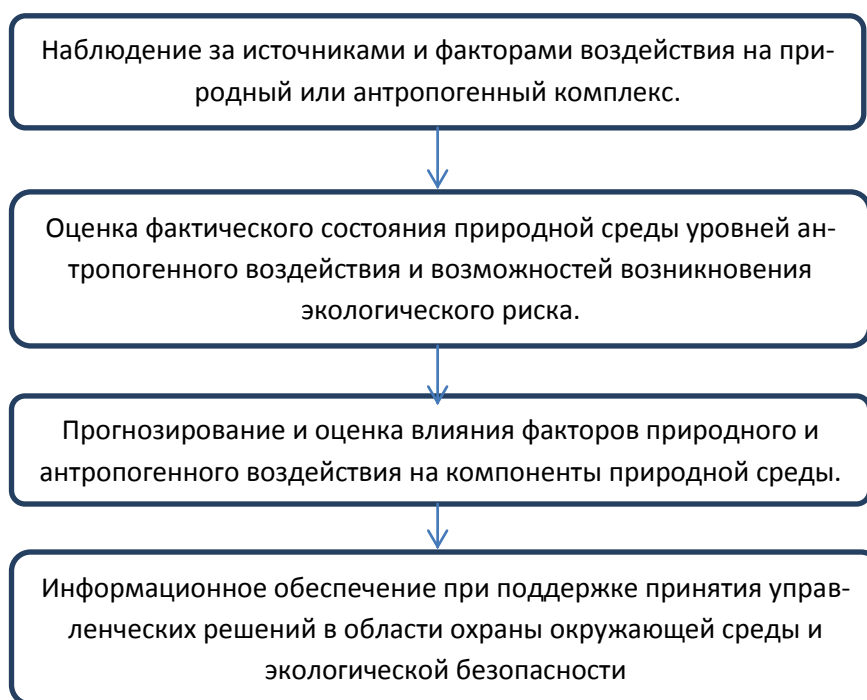


Рис. 1. Схема построения системы экологического мониторинга

Приняв за основу общую схему построения системы экологического мониторинга на основе данных ДЗЗ необходимо проведя анализ существующего состояния в этой области на территории региона и оценив потребности в оперативном экологическом мониторинге, выявить требуемый набор данных и разработать технологическую модель системы, позволяющей в оперативном режиме проводить комплексную оценку, с последующим прогнозированием, экологического состояния региона.

В целом для успешного функционирования системы в первую очередь требуется наличие самих данных ДЗЗ, для этого необходимо дооснащение существующих станций приема спутниковой информации в целях получения возможности приема данных от спутников как российского, так и зарубежных космических сегментов (на схеме курсивом выделены название спутников, минимально требуемых для функционирования системы, которые в настоящее время не принимаются ни одним из существующих центров приема космической информации на территории Красноярского края). Следующим шагом для решения задачи создания единой системы экологического мониторинга края является координирование деятельности существующих центров космического мониторинга СФУ, СибГАУ и МЧС. Это позволит организовать резервные системы приема космической информации и избавить центры космического мониторинга от дублирования передаваемой информации, а также организовать согласованную единую систему приема данных ДЗЗ от многочисленной космической группировки спутников как находящихся в эксплуатации, так и только планируемых к выводу на орбиту. Кроме того, во многом результативность функционирования центра экологического мониторинга и организаций - потребителей космической информации во многом будет зависеть от наличия в регионе специализированного учебного центра, способного реализовывать программы как высшего профессионального образования, так и краткосрочных курсов повышения квалификации для специалистов различных отраслевых предприятий и органов исполнительной власти. Результатом объединения всех этих компонентов будет являться центр экологического мониторинга региона с функциями координирования, сбора, хранения, обработки данных космической съемки и результатов наземных наблюдений за состоянием окружающей среды. Все полученные в результате работы этого центра данные могут быть донесены до потребителя информации (как государственных, так и частных структур) посредством современных геоинформационных WEB систем в оперативном режиме.

Теперь необходимо более подробно рассмотреть саму структуру центра мониторинга экологического состояния Красноярского края (рис. 2). Как видно из этой схемы центр может иметь разветвленную систему подразделений, имеющих различные функции и объединенных общей ГИС и информационной системой сбора хранения и обработки различных данных. Все это позволяет системе функционировать как единое целое и агрегировать все производственные циклы в одной программной среде, что минимизирует временные задержки при организации оперативной системы мониторинга экологического состояния территории и ускорить процесс выработки административно - управленческого решения. Помимо этого в системе может быть реализована система публичного информирования населения и обратная связь для оперативного реагирования на заявления общественности.

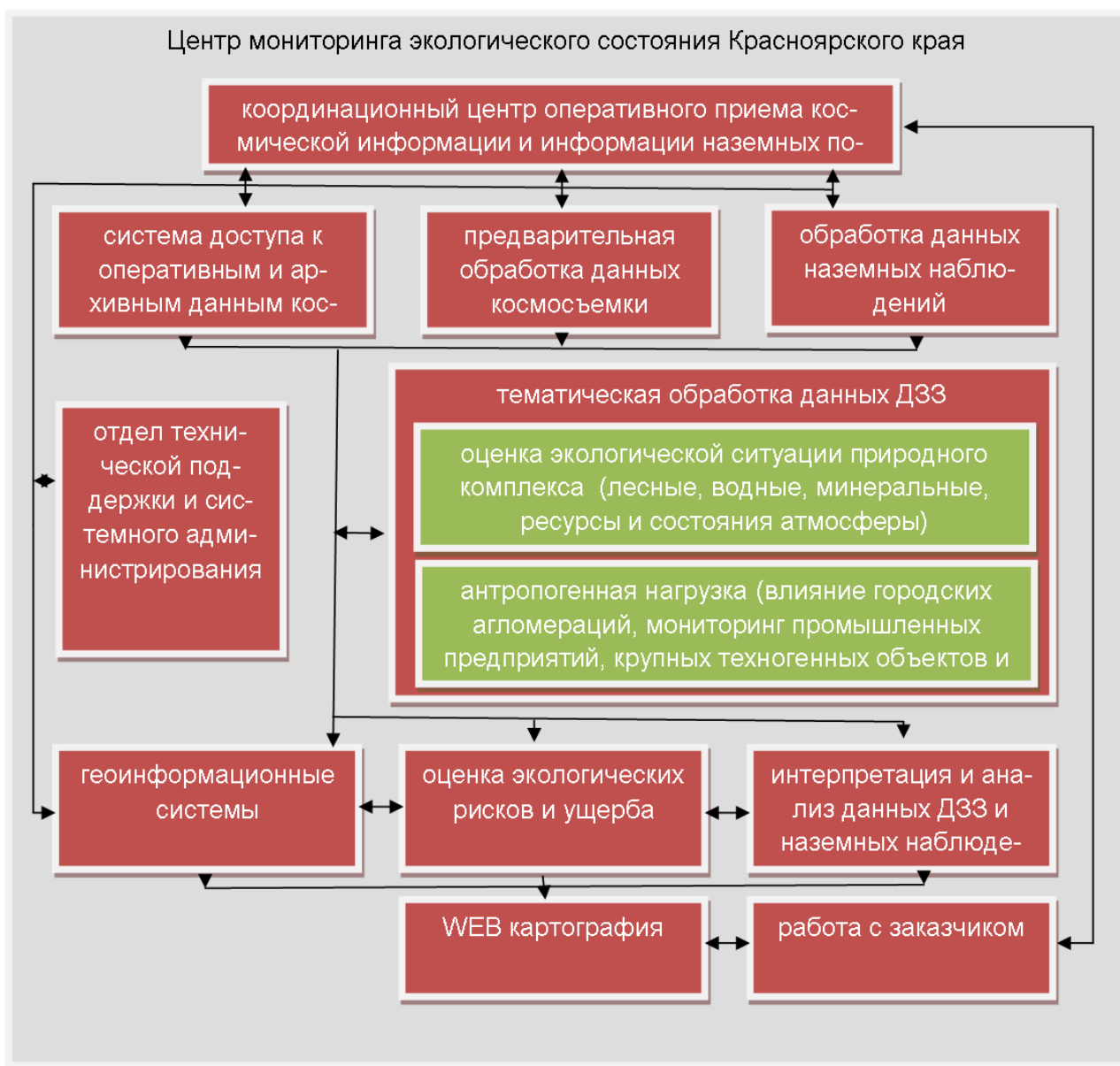


Рис. 2. Укрупненная структура центра мониторинга экологического состояния Красноярского края по выполняемым функциям подразделений

© Ю. П. Юронен, В. В. Иванов, А. Н. Борисевич, 2015

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕДОБЫЧИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Андрей Геннадьевич Шарикалов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: asharikalov@gmail.com

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; СГУГиТ, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

Проведен анализ экологического состояния пяти месторождений нефти, находящихся на различных стадиях освоения и расположенных на территории Уватского района Тюменской области. Делается вывод об особенностях изменения площадей контуров различных выделов на территориях месторождений в процессе их обустройства и нефтедобычи.

Ключевые слова: Западная Сибирь, Тюменская область, Уватский район, южная тайга, нефтедобыча, антропогенный пресс, дистанционное зондирование земли, мониторинг.

THE ECOLOGICAL SITUATION ON THE OIL PRODUCTION FACILITIES IN THE TYUMEN REGION BASED ON REMOTE SENSING DATA

Andrei G. Sharikalov

Siberian State University of Geosystems and Technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., postgraduate student, department of ecology and wildlife management, tel. (383)361-08-86, e-mail: asharikalov@gmail.com

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Academician Lavrentjev, Sc. D., senior researcher, laboratory of biogeocenology; SSUGT, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

The analysis of the ecological state of five oil fields in various stages of development and located on the Uvat district of the Tyumen region was made. The conclusion about the characteristics of the area changes the contours of the various units in the territories of the fields in the process of their development and production was made.

Key words: Western Siberia, Tyumen region, Uvat district, southern taiga, oil production, anthropogenic pressure, remote sensing, monitoring.

По физико-географическому районированию территории Тюменской области в подзоне южной тайги находятся следующие муниципальные районы: южная часть Кондинского и Сургутского районов Ханты-Мансийского автономного округа, большая часть Вагайского, Уватского и Ялуторовского рай-

оюга Тюменской области, целиком Тобольский район и северная часть Аромашевского, Викуловского, Юргинского и Ярковского районов Тюменской области [2].

Территории Тюменской области, отнесенные к подзоне южной тайги, отличаются от других её таёжных частей незначительным количеством разведанных месторождений углеводородного сырья. В то же время при сокращении объемов добычи на наиболее продуктивных северных месторождениях возможна значительная активизация работ в южном направлении.

Южная тайга Тюменской области представлена преимущественно темнохвойными, сосновыми и мелколиственными (березовыми, осиновыми) лесами. Зональным типом являются высокопродуктивные кедрово-елово-пихтовые зеленомошные и низкотравные леса с обильным подростом и разнообразным подлеском, в состав которого может входить липа. Сосняки разных типов встречаются небольшими участками среди болотных массивов или на песках. Березовые и осиновые леса преимущественно вторичные, возникшие в результате вырубок и пожаров [2].

При анализе схемы размещения месторождений нефти и газа Западной Сибири, составленной Картографическим информационным центром «Инко-тек» с учетом физико-географического районирования территории в южной тайге по состоянию на 2003 год выявлено наличие 5 разведанных (в том числе эксплуатируемых) нефтяных месторождений. Все они находятся на территории Уватского муниципального района в южной части Тюменской области. Общая площадь месторождений Уватского района в границах контуров нефтегазоносности составляет 72,0 тыс. га или 1,5% от площади района [4]. По данным Лесохозяйственного регламента для выполнения работ по геологическому изучению недр, разработки месторождений полезных ископаемых (в том числе нефтяных) на территории Уватского района Тюменской области представлены права на использование лесных участков на общей площади 4,7 млн. га [3].

На настоящий момент четыре месторождения находились на стадии разработки. На этих месторождениях проведен мониторинг изменения площадей выделов в процессе разработки нефтяных месторождений в южной тайге за время эксплуатации в среднем 7 лет и 6 месяцев.

Одно из месторождений на территории Уватского района на настоящий момент по техническим или экономическим соображениям не введено в промышленную эксплуатацию. На этом месторождении проведен мониторинг изменения площади выделов в процессе доразведки и уточнения запасов и границ залежи за 19 лет с момента открытия месторождения. Основные характеристики месторождений на территории Уватского района приведены в табл. 1 [1]. Прочерк в столбце «год введения в разработку» обозначает, что месторождение не введено в разработку. Прочерк в столбце «период разведки» обозначает, что анализируется месторождение, находящееся в разработке. Прочерк в столбце «период разработки» обозначает, что анализируется месторождение на момент съемки не введенное в промышленную разработку. Положение месторождений в границах Уватского района Тюменской области приведены на рис. 1.

Основные характеристики месторождений на территории
Уватского района Тюменской области

№ п/п	Месторождение	Год открытия	Год введения в разработку	Анализ на начальном этапе воздействия	Анализ современного состояния	Период разведки, лет	Период разработки, лет	Площадь, га
1	Кальчинское	1990	1992	1987	2009	-	17	7206,1
2	Пихтовое	1992	2000	1987	2011	-	11	22414,6
3	Северо-Кальчинское	1990	-	1987	2009	19	-	5484,7
4	Урненское	1970	2010	1986	2010	-	1	26013,3
5	Усть-Тегусское	1993	2009	1986	2010	-	1	10822,1

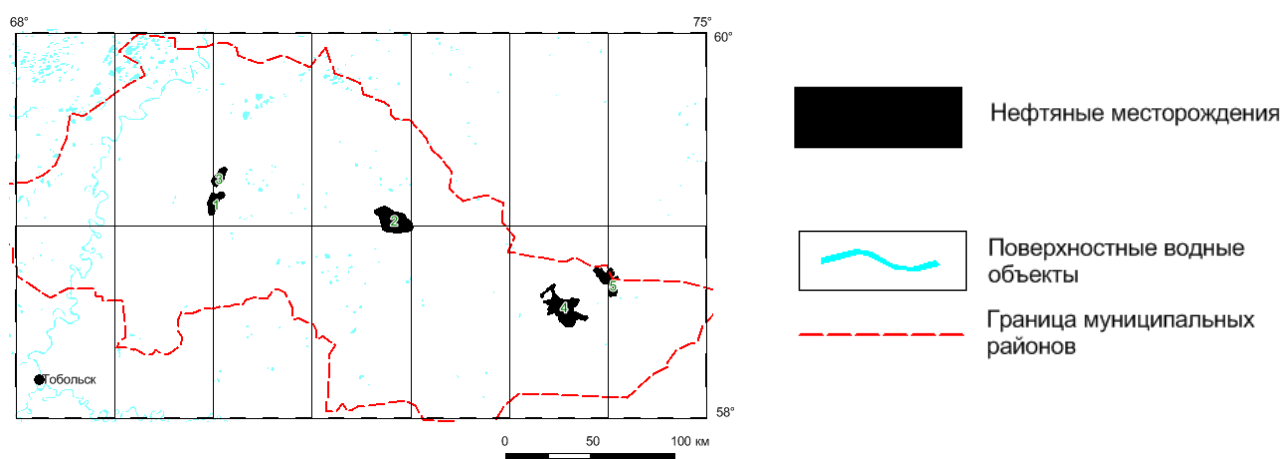


Рис. 1. Положение исследуемых месторождений в границах Уватского района Тюменской области (описание месторождений см. табл. 1)

В результате анализа данных спектрально-анализных космических снимков Landsat 5 в границах контуров нефтегазоносности исследуемых месторождений нефти с использованием программного комплекса ITTVIS ENVI 4.5 согласно описанной ранее методике [5] было установлено, что на исследуемой территории разведываемого нефтяного месторождения наблюдались определенные изменения (табл. 2).

Исследование территорий месторождения углеводородов выполнялось в процессе сравнения летних безоблачных космических снимков. В целях выделения наиболее значимых спектральных признаков на множестве регистрируемых диапазонов использовались нормализованный относительный индекс растительности (NDVI), а также преобразование Tasseled Cap. Нормализованный относительный индекс растительности является простым показателем количества фотосинтетической активности биомассы. Плотность растительности в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного

света в красном и инфракрасном диапазонах, деленной на сумму их интенсивностей [6]. Расчет вегетационного индекса базируется на двух наиболее стабильных участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6–0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7–1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительные объекты от прочих природных объектов и анализировать их. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения и позволяет уменьшить влияние таких явлений, как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой и проч. [7].

Таблица 2

Анализ изменений на территориях месторождений нефти
в Уватском районе Тюменской области

№ п/п	Наименование месторождения	Дата съемки	Занимаемая выделом доля, %					
			Дегради- рованные земли	Вод- ные объек- ты	Заболо- ченные земли	Промыш- ленность	Хвойный лес	Смешанный и листвен- ный лес
1	Кальчин- ское	1987	0,00	0,69	67,32	0,00	19,60	12,39
		2009	0,31	0,76	68,76	0,55	17,32	12,30
2	Пихтовое	1987	0,00	1,60	15,36	0,00	30,06	52,98
		2011	0,08	1,60	15,92	0,86	29,11	52,43
3	Северо- Кальчин- ское	1987	0,00	0,13	60,71	0,00	27,11	12,05
		2009	0,00	0,13	58,66	0,00	27,18	14,03
4	Урненское	1986	0,00	4,39	45,61	0,00	41,23	8,77
		2010	0,00	4,38	45,13	0,03	41,41	9,05
5	Усть- Тегусское	1986	0,00	3,01	77,90	0,00	12,68	6,41
		2010	0,18	2,93	77,36	1,30	12,16	6,07

Анализ полученных результатов позволил сделать некоторые выводы. Оказалось, что, в целом, происходит увеличение доли территорий занятых преимущественно смешанными и лиственными (1,89 %). Также происходит некоторое увеличение доли территорий, занятых хвойными лесами (0,07 %). В то же время на территориях, занятых месторождениями, в целом, происходит сокращение доли заболоченных земель (2,05%). В данном случае можно говорить об улучшении недропользователем поверхностного стока с территории месторождения в процессе его разведки и обустройства, в результате чего площадь покрытых лесом земель увеличилась на 112,4 га. Но учитывая небольшие значения этой величины, можно предположить естественные изменения площади хвойных лесов.

Установлено, что доля территорий занятых объектами промышленности и транспортной инфраструктурой, постепенно увеличивается и на момент съемки занимает в среднем около 0,69 % от общей площади месторождений. Также увеличивается доля лишенных растительности, незастроенных территорий (0,14 %). В целом, происходит незначительное сокращение доли территорий, занятых водными объектами (0,01%).

Таким образом, установлено, что на исследуемых месторождениях находящихся в подзоне южной тайги на каждый гектар обустроенных территорий приходится 0,3 га нарушенных (деградированных или заболоченных земель) и 1,3 га сведенных (хвойных, смешанных или лиственных) лесов.

В процессе хозяйственной деятельности, сопровождающей обустройство и эксплуатацию месторождений нефти в южной тайге Тюменской области, общая площадь земель занятых особо ценными хвойными лесными насаждениями сокращалась ежегодно на 51,6 га, а занятых смешанными и лиственными насаждениями – на 12,5 га. Это сопоставимо с предельной площадью лесосеки отводимой для сплошных рубок в эксплуатационных лесах Западно-Сибирском таёжном районе, южно-таежной лесорастительной зоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клещев, К. А. Нефтяные и газовые месторождения России / К. А. Клещев, В. С. Шейн // Справочник: В 2 кн. – М.: ВНИГНИ, 2010. – Кн. 2. – Азиатская часть России. – 711 с.
2. Исаченко А. Г., Шляпников А. А. Ландшафты. – М.: Мысль, 1989. – 504 с.
3. Лесохозяйственный регламент Уватского лесничества Тюменской области, утвержденный приказом департамента лесного комплекса Тюменской области от 23.12.2008 г. № 657.
4. Месторождения нефти и газа Западной Сибири [карта]. Картографический информационный центр «Иннотек». – М., 2003.
5. Шарикалов А. Г., Якутин М. В. Анализ состояния таёжных экосистем с использованием методики автоматизированного дешифрирования // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3. – С. 123–127.
6. Asner, G. P. Analysis of Forest Structure. Per-Pixel Vegetation Indices, Spectral Mixture Analysis and Canopy Reflectance Modeling / G. P. Asner, J. A. Hicke, D. B. Lobell // Remote Sensing of Forest Environments. Concepts and Case Studies. – New-York, 2003.
7. Gis-Lab: NDVI. Теория и практика [Электронный ресурс]. – URL: <http://gis-lab.info/qa/ndvi.html>.

© А. Г. Шарикалов, М. В. Якутин, 2015

СКОРОСТИ СЕДИМЕНТАЦИИ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЧАСТИЦ (ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗЕРЕН ПЫЛЬЦЫ И АГЛОМЕРАТОВ) ЗАПАДНО-СИБИРСКИХ СОРНЫХ ТРАВ

Владимир Викторович Головко

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская 3, кандидат биологических наук, ведущий инженер, тел. (383)330-77-43, e-mail: golovko@ns.kinetics.nsc.ru

Вячеслав Лазаревич Истомин

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 15, доктор технических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)333-19-38, e-mail: impuls@hydro.nsc.ru

Излагаются результаты определения аэродинамических характеристик шести видов сорных трав Западной Сибири. Подсчитана процентная доля индивидуальных зерен пыльцы и их агломератов, образующихся при распылении. Определены скорость седиментации как одиночных пыльцевых зерен, так и их агломератов. Установлена зависимость скорости седиментации агломерата от числа входящих в него пыльцевых зерен.

Ключевые слова: скорость седиментации, пыльцевые зерна, агломераты, анемофильные растения, импульс воздуха.

THE SEDIMENTATION RATES OF WEST-SIBERIAN WEED POLLEN PARTICLES (INDIVIDUAL GRAINS AND THEIR AGGLAMERATES)

Vladimir V. Golovko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Bldg., tel. (383)333-34-99, e-mail: golovko@kinetics.nsc.ru

Vyacheslav L. Istomin

Institute of Hydrodynamics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 15 Lavrent'ev avenue, Bldg., tel. (383)333-19-38, e-mail: istomin@hydro.nsc.ru

Results of determination of aerodynamic characteristics of 6 Western Siberian weeds are reported. The percentage of individual grains and their agglomerates resulting from spraying was calculated. The sedimentation rate of agglomerates, consisting of one to six pollen grains, was determined. The sedimentation rate of agglomerates was found to depend on the number of the pollen grains involved.

Key words: sedimentation rate, pollen grains, agglomerates, anemophilic plants, air impact.

Пыльцевые зерна (ПЗ) сорных трав доминируют в атмосфере в конце лета – начале осени, вызывая третью волну поллинозов. Перенос пыльцы ветром – процесс физический. Дальность переноса пыльцевых частиц в воздухе, эффективность их оседания на опыляемые растения и поверхности отбирающих устройств обусловлены скоростью седиментации. Сложная форма ПЗ, их деформация при высыхании, наличие агломератов из нескольких ПЗ затрудняют теоретические расчеты скорости седиментации переносимой по воздуху пыльцы.

Она определяется экспериментально с помощью седиментометров [1]. До недавнего времени скорости седиментации ПЗ были описаны лишь у ≈ 120 видов [2] европейских и североамериканских растений. Практически не изучены скорости седиментации агломератов двух и более ПЗ. Ранее [3] нами была изучена седиментация пыльцы нескольких видов западносибирских древесных растений и злаков. В данной работе исследуются скорости седиментации пыльцы шести видов сорных трав.

Скорость седиментации ПЗ в неподвижном воздухе определялась по времени, необходимому для их оседания от вершины до дна вертикального цилиндра. Для измерения скорости седиментации пыльцы использовалась установка, разработанная в СО РАН и апробированная при определении скоростей седиментации спор. Схема установки, методика проведения эксперимента и расчета скорости седиментации пыльцевой частицы были подробно изложены ранее [4].

Разнотравье или сорные травы - это ветроопыляемые травянистые растения (исключая злаки), цветущие в конце лета – начале осени. Зрелая пыльца большинства видов представлена одиночными зернами. У некоторых таксонов она остается в тетрадах – объединениях четырех ПЗ, возникающих из одной материнской клетки при мейозе. Различают тетраэдрические, четырехугольные, крестообразные, ромбические, линейные тетрады и псевдомонады в которых развито только одно ПЗ, а остальные три – дегенерированы.

Были исследованы скорости седиментации ПЧ шести видов анемофильных трав. Зрелая пыльца хмеля обыкновенного, василисника простого и щавеля конского представлена ПЗ. У осоки большехвостой – псевдомонадами, у датиски коноплевой и рогоза широколистного – соответственно тетраэдрическими и четырехугольными тетрадами (рис.).



Рис. Тетрады датиски (слева) и рогоза (справа)

При распылении в экспериментальной установке поведение тетрад различно. Псевдомонады осоки и тетрады рогоза не разрушаются, образуют агломераты из ≥ 2 тетрад, являясь единицами распространения пыльцы своего вида.

Значительная доля тетрад датиски распадается с образованием единичных ПЗ и агломератов из ≥ 2 ПЗ. Из-за этого у данного вида определялись скорости седиментации не агломератов тетрад, а индивидуальных ПЗ и их агломератов. Скорости седиментации исходной тетрады датиски соответствует скорость седиментации агломерата из 4 ПЗ. Подсчет под микроскопом позволял определить число ПЗ либо тетрад в агломерате, содержащем не более 6 частиц. Доля агломератов из ≥ 7 ПЗ или тетрад составляла ≈ 2 %. Скорости седиментации подобных агломератов не вычислялись.

При распылении пыльцы в седиментометре пыльцевые агломераты составляют от 34,7 (щавель конский) до 43,8% (хмель обыкновенный) от общего числа образующихся ПЧ. В их состав входит от 64,6 до 72,4% распыленных ПЗ либо тетрад. Оценить интенсивность образования агломератов у датиски коноплевой не удалось из-за наличия значительного числа нераспавшихся тетрад и их участия в формировании агломератов.

Таблица 1

Вклад агломератов в количество пыльцевых частиц, осевших на подложку и доля ПЗ либо тетрад в их составе

Видовое название	Доля агломератов из двух или более ПЗ/тетрад от общего количества осевших частиц, %	Доля ПЗ/тетрад в составе агломератов от общего количества осевших ПЗ/тетрад, %
Хмель обыкновенный	43,8	72,4
Василисник простой	38,1	67,0
Щавель конский	34,7	64,6
Осока большехвостая	34,8	65,6
Рогоз широколистный	41,6	65,7

Для индивидуальных частиц и для агломератов наблюдается заметный разброс скоростей седиментации. Количества подсчитанных агломератов (j – от 1 до 6), среднегеометрические значения и среднегеометрические отклонения их скоростей седиментации шести видов западносибирских растений приведены в табл. 2. С увеличением размера агломератов наблюдается уменьшение числа частиц. При этом именно у них отмечены максимальные стандартные геометрические отклонения скорости седиментации. Видимо, это связано с варьированием размеров индивидуальных ПЗ и наличием некоторого числа абортивных ПЗ, что приводит к разбросу скоростей оседания. С ростом числа ПЗ в агломерате эти факторы, вероятно, взаимно компенсируются, а сам агломерат становится более симметричной фигурой. В результате разброс значений скоростей седиментации при оседании уменьшается.

Скорость оседания агломерата возрастает с увеличением количества составляющих его частиц. Ранее нами было показано, что скорости седиментации агломератов в зависимости от числа частиц в агломерате хорошо аппроксимируются степенной зависимостью, построенной методом наименьших квадратов. Аппроксимационные зависимости строились из предположения, что:

$$\bar{V}_j = \bar{V}_1 j^\alpha, \text{ для } 1 \leq j \leq 6 \quad (1)$$

где \bar{V}_j – средняя скорость агломерата состоящего из j частиц, \bar{V}_1 – средняя скорость единичного зерна.

Для исследуемых нами растений полученные данные можно аппроксимировать эмпирическими зависимостями, предложенные в табл. 3.

Таблица 2

Результаты определения скоростей седиментации ПЗ
и их агломератов шести видов сорных трав

j		Хмель обыкновенный	Василисник простой	Щавель конкий	Осока большехвостая	Датиска коноплея	Рогоз широколистный
j=1	Число агломератов	10268	7043	3027	5932	8973	1767
	\bar{V}_j , см/с	1,2	1,2	1,8	1,6	0,9	2,4
	σ_g	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3
j=2	Число агломератов	3268	1938	653	1263	2655	785
	\bar{V}_j , см/с	1,6	1,6	2,9	2,1	1,0	2,8
	σ_g	1,3	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2
j=3	Число агломератов	1860	949	355	638	1660	249
	\bar{V}_j , см/с	1,9	1,9	3,5	2,6	1,2	3,6
	σ_g	1,3	1,2	1,3	1,4	1,3	1,2
j=4	Число агломератов	1247	572	250	436	1407	128
	\bar{V}_j , см/с	2,0	2,2	3,8	3,2	1,4	4,0
	σ_g	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2
j=5	Число агломератов	719	399	160	338	741	56
	\bar{V}_j , см/с	2,3	2,5	4,2	3,6	1,4	4,2
	σ_g	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,1
j=6	Число агломератов	413	242	92	230	490	25
	\bar{V}_j , см/с	2,4	2,7	4,4	3,7	1,5	4,6
	σ_g	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2

Таблица 3

Эмпирические зависимости и коэффициенты корреляции

n/n	Видовое название	эмпирическая зависимость \bar{V}_j , см/с	коэффициент корреляции r
1	Хмель обыкновенный	$1,2*j^{0,386}$	0,993
2	Василисник простой	$1,2*j^{0,456}$	0,997
3	Щавель конкий	$1,8*j^{0,493}$	0,972
4	Осока большехвостая	$1,6*j^{0,497}$	0,987
5	Датиска коноплея	$0,9*j^{0,304}$	0,955
6	Рогоз широколистный	$2,4*j^{0,376}$	0,975

Данные табл. 3 можно подытожить следующим выводом: полученные средние значения скоростей седиментации агломератов ПЗ в зависимости от числа частиц в агломерате аппроксимируются степенной зависимостью вида:

$$\overline{V}_j = a * j^k, \quad \text{для } 1 \leq j \leq 6, \quad (2)$$

где \overline{V}_j - среднее значение скорости седиментации агломерата состоящего из j частиц, размерные коэффициенты a и показатель степени k находятся из экспериментальных данных для каждого вида растений. Коэффициент корреляции r - принимает значения в диапазоне $0,955 \leq r \leq 0,997$, k принимает значения в диапазоне $0,304 \leq k \leq 0,497$.

Зафиксированный диапазон \overline{V}_j от 0,9 см/с для единичного ПЗ датиски коноплевой (1,4 см/с для ее пыльцевой тетрады) до 4,6 см/с для агломерата из шести пыльцевых тетрад рогоза широколистного, обусловлен различием размеров исследуемых частиц. Полученные данные указывают на то, что само по себе наличие пыльцевых тетрад не может служить препятствием для опыления ветром. Скорости седиментации тетрад датиски коноплевой и рогоза широколистного сопоставимы со скоростями седиментации одиночных ПЗ клена ясенелистного и облепихи крушиновидной (2,3 см/с), и меньше со скоростями седиментации одиночных ПЗ ореха манчжурского (4,2 см/с) и дуба черешчатого (2,7 см/с), найденных нами ранее [4]. Установленные экспериментальным путем зависимости позволяют оценить скорости седиментации агломератов, состоящих из произвольного числа ПЗ и пыльцевых тетрад, что дает возможность оценить эквивалентные диаметры таких частиц и использовать полученные значения при моделировании распространения пыльцы в атмосфере.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Истомин В. Л., Куценогий К. П. Определение скорости седиментации спор плауна и их агломератов // Теплофизика и Аэродинамика. – 2001. – Вып. 8 (2). – С. 295–300.
2. Jackson S. T., Lypord M. E. Pollen Dispersal Models in Quaternary Plant Ecology: Assumptions, Parameters, and Prescriptions // The botanical review. – 1999. – V. 65 (1). P. 39-74.
3. Головкин А. В., Истомин В. Л., Куценогий К. П. Определение скорости седиментации пыльцевых частиц (как одиночных зерен, так и их агломератов) растений, произрастающих в Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. – 2013. – Вып. 26 (6). – С. 513–518.
4. Истомин В. Л., Куценогий К. П. Методика определения аэродинамического диаметра аэрозольных частиц сложной геометрической формы в диапазоне чисел Рейнольдса от 0,1 до 6,0 // Теплофизика и аэродинамика. – 2010. – Вып. 17 (1). – С. 77-83.

© В. В. Головкин, В. Л. Истомин, 2015

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ

Людмила Константиновна Трубина

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плехотного, 10, доктор технических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Дмитрий Владимирович Панов

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет, 630008, Россия, г. Новосибирск, ул. Ленинградская, 113, старший преподаватель кафедры инженерной геодезии, тел. (913)760-43-33, e-mail: panov_dima@mail.ru

Важным аспектом при мониторинге городских земель является учет природных особенностей территории. В частности рельеф влияет на распространение загрязнителей в городской среде. Современные ГИС включают инструментарий позволяющий проводить детальный морфометрический анализ рельефа. Учет результатов анализа рельефа позволяет совершенствовать организацию мониторинга городских земель.

Ключевые слова: кадастровая оценка, мониторинг земель, цифровая модель рельефа.

ASPECTS OF IMPROVING THE INFORMATION SUPPORT OF MONITORING OF URBAN LAND

Lyudmila K. Trubina

Siberian state University of geosystems and technology, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Professor, Department of ecology and environmental Sciences, tel. (383)361-09-11, e-mail: lab.ite@ssga.ru

Dmitry V. Panov

Novosibirsk state University of architecture and construction, 630008, Russia, Novosibirsk, 113 Leningradskaya St., senior lecturer of the Department of engineering geodesy, tel. (913)760-43-33, e-mail: panov_dima@mail.ru

An important aspect in the monitoring of urban land is the account of the natural features of the area. In fact relief affects the spread of pollutants in an urban environment. Modern GIS include tools allowing to perform detailed morphometric analysis of the relief. Account of relief analysis results allows you to improve the organization of urban land monitoring.

Key words: cadastral valuation, land monitoring, digital relief model.

В современных условиях возрастает роль информационного обеспечения мониторинга городских земель для регулирования землепользования и охраны земель. Процесс загрязнения, как основное проявление техногенного воздействия, в городских условиях имеет повсеместное распространение, протекает в течение всего времени освоения и использования территории и отражается на всех землях. Общие тенденции изменения экологических условий территории специфичны для каждого города с характерными для него природной обстанов-

кой, структурой застройки и техногенными источниками. Существующая система организации мониторинга земель не позволяет в полной мере учитывать всю специфику городских земель при оценке их экологического состояния. Сложившиеся методические подходы к оценке состояния земель базируются на фиксации данных о концентрации загрязняющих веществ в отдельных точках, которые характеризуют объемы и механизмы поступления загрязняющих веществ, но не позволяют судить о процессах распространения загрязнений в значительной степени определяемых природной составляющей территории, среди которых ведущая роль принадлежит рельефу. Целесообразно совершенствовать подходы к проведению мониторинга городских земель на основе учета рельефа, как фактора формирования экологических условий.

Рельеф обеспечивает определенный тип взаимодействия объектов природной и антропогенной среды, влияет на экологическое состояние системы в целом. Большинство эколого-геохимических процессов зависит от поступления в каждую точку территории влаги и солнечной энергии, их распределение регулируется углами наклона и экспозицией склонов. Направление распространения загрязнений, пути миграции вещества, зоны его возможного накопления и смыва определяют типы морфоэлементов рельефа [1].

Проведенные исследования по оценке влияния особенностей рельефа на распространение загрязняющих веществ, позволяют рекомендовать дополнить структуру информационного обеспечения мониторинга результатами морфометрического анализа (рис.).

Применение результатов морфометрического анализа рельефа позволит реализовать полное и, вместе с тем, детальное представление структуры геоэкологического пространства городской территории. А это может послужить основанием для дифференциации городской территории на участки с принципиально разной инсоляционной экспозицией, обеспечивающей различную освещенность, конкретной величиной физиологически активной радиации, а также направленность распределения потоков по уровням, соответствующим разной степени их циркуляционной и гравитационной составляющей, с включенными в них техногенными компонентами [2, 3].

Совмещение базовой геопространственной основы с информацией о сложившейся инфраструктуре городской территории с результатами морфометрического анализа рельефа, полученными на основе использование специальных алгоритмов, позволяет получать разноплановую информацию о пространственных процессах распространения загрязняющих веществ. Морфометрический анализ рельефа как фактора формирования экологической обстановки на земельных участках городской территории обеспечивает выделение потоковых структур, определяющих пространственное распространение загрязняющих веществ, и определение количественных характеристик, влияющих на скорость и интенсивность переноса загрязняющих веществ. Такой набор информации позволяет качественно оценивать характер воздействия различных объектов городской инфраструктуры на элементы природного комплекса, обоснованно вы-

бирать ключевые участки в разных функциональных зонах для целей мониторинга.

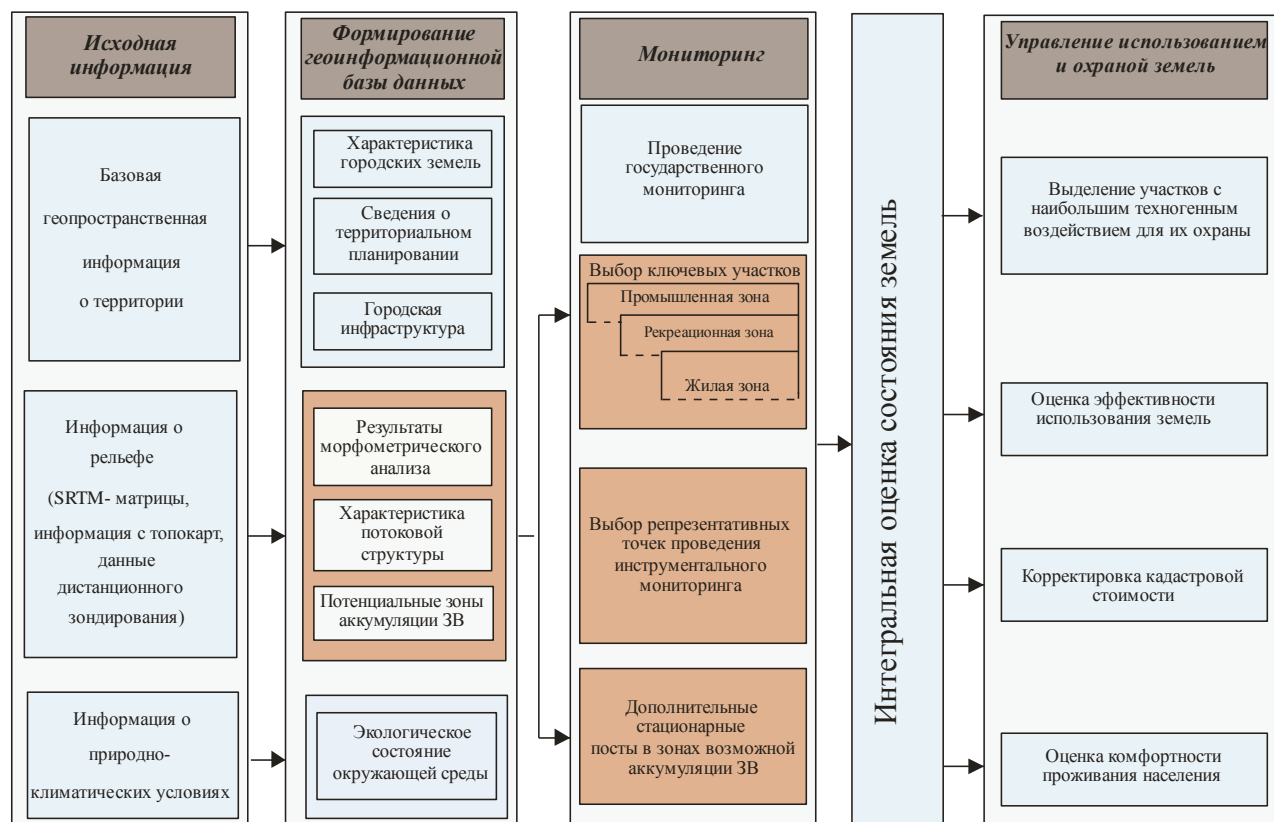


Рис. Структура информационного обеспечения мониторинга городских земель с учетом особенностей рельефа

Это позволяет совершенствовать организацию инструментального мониторинга и расширит возможности прогноза изменений компонентов природного комплекса, которые будут иметь место при появлении или изменении техногенной нагрузки.

Использование геоинформационных технологий позволяет сочетать результаты моделирования рельефа с пространственной тематической информацией и непространственной информацией (концентрации загрязняющих веществ в конкретной точке), что расширяет возможности анализа экологических проблем, и в конечном итоге способствует повышению надежности оценок состояния многофункционально используемых земель. Возможности геоинформационных технологий по трехмерной визуализации облегчают интерпретацию результатов и способствуют выявлению взаимосвязей между природными процессами и техногенной деятельностью человека [4].

Учет особенностей рельефа при организации и проведении мониторинга земель позволит повысить объективность и достоверность оценки многофункционально используемых земель и способствовать их рациональному использованию [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панов, Д. В. Анализ методик учета экологической компоненты в кадастре городских земель // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 171–175.
2. Трубина Л. К., Селезнев Б. В., Панов Д. В. Подходы к оценке экологического состояния кадастровых участков городских территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 182–185.
3. Панов Д. В. Построение цифровой модели рельефа г. Новосибирска и его окрестностей с учетом потоковой структуры и пластики рельефа // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 61–65.
4. Трубина Л. К., Панов Д. В. Некоторые аспекты учета экологической составляющей при мониторинге земель городских территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1 – С. 121–123.
5. Трубина Л. К., Панов Д. В. Совершенствование мониторинга городских земель на основе учета особенностей рельефа // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 5/с. – С. 157–161.

© Л. К. Трубина, Д. В. Панов, 2015

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ ПРИРОДНЫХ БИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ

Юрий Николаевич Самсонов

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кандидат химических наук, заведующий лабораторией дисперсных систем, тел. (383)333-07-87, e-mail: samsonov@kinetics.nsc.ru

Валерий Иванович Макаров

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Рассмотрены биологические и технологические возможности применения веществ-регуляторов роста растений (фитогормонов) в виде аэрозолей оптимальных размеров. Приведены результаты испытаний двух видов фитогормональных веществ – препаратов Гибберсид и Силк на посевах рапса и яровой пшеницы.

Ключевые слова: фитогормон, регулятор роста растений, аэрозоли, рапс, яровая пшеница, урожайность.

AEROSOL APPLICATION OF NATURAL BIOACTIVE SUBSTANCES FOR GROWTH REGULATION OF AGRICULTURES

Yuri N. Samsonov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya Str, Ph. D., Head of Laboratory of Dispersal Systems, tel. (383)333-07-87, e-mail: samsonov@kinetics.nsc.ru

Valery I. Makarov

Institute of Chemical Kinetics and Combustion, Siberian Branch of RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya Str, Ph. D., Senior Scientist and Group Leader, tel. (383)333-07-87, e-mail: samsonov@kinetics.nsc.ru

The biological and technological prospects are considered about the application of natural growth regulators (phytohormones) in agriculture being in form of the optimal size aerosol particles. The test results are presented on the action of two kinds of phytohormones – Gibbersid and Silk- to crops of rape and spring wheat.

Key words: phytohormone, growth growth regulator, aerosols, rape, spring wheat, crop capacity.

В сельскохозяйственной практике известно об использовании т.н. регуляторов роста растений для стимулирования (иногда для ингибирования) развития и созревания некоторых видов сельскохозяйственных, декоративных и цветочных культур. Во многих случаях эти вещества являются продуктами промышленного химического синтеза, в какой-то мере специфическими родственниками обычных химических гербицидов. Однако биологический эффект здесь проявляется не в виде поражения целевых объектов при гербицидной обработке

полей (т.е. гибели сорняков, мешающих развитию культурных растений), но в виде «мягкого» воздействия на ферментативные системы самих агрокультур, что выражается в увеличении урожайности, в повышенной холодо- или засухостойкости, в других желательных биологических и экономических эффектах.

Помимо веществ химического синтеза, в качестве регуляторов роста растений также используются природные химические вещества (обычно называемые фитогормонами), получаемые при их экстракции из растительных органов (листья, верхушечные части меристемы стебля, корни, семена) некоторых видов растений. Проникнув внутрь тех или иных растительных органов после нанесения фитогормонов на поверхность растений, даже ничтожные концентрации фитогормональных веществ регулируют многие процессы жизненного развития растений: ускоренное проращивание семян, развитие корневой системы, половая дифференциация плодовых почек, цветение, созревание урожая и т.п.

Известные в настоящее время фитогормоны обычно группируют в шесть классов (этилен, ауксин, гиббереллин, цитокинин, абсцизовая кислота, брассинолид), отличающихся по своим химическим составам и по характеру проявления биологического эффекта. Помимо этих классов, в литературе по регуляторам роста упоминаются разнообразные препараты под условными коммерческими названиями. Их точный химический состав и фитогормональная классификация обычно неизвестны, но утверждается, что они оказывают биологические эффекты, не уступающие эффектам от общепризнанных фитогормонов.

Некоторые виды регуляторов роста растений как из вышеупомянутых классов, так и веществ неопределенного химического состава, по своим физико-химическим и биологическим свойствам пригодны для использования и действительно применяются непосредственно на площадях сельскохозяйственных полей во время вегетации агрокультур. Как правило, они производятся в (полу-) промышленных условиях под разными коммерческими названиями в виде удобных для применения препаратов: жидкие растворы в воде или в иных растворителях; порошки, способные растворяться в воде или давать водно-порошковую эмульсию. Собственно фитогормонов в таких препаратах очень мало (это соответствует тому факту, что они эффективно действуют даже в очень малых концентрациях!), но основной объем препарата составляют вспомогательные вещества, необходимые либо при технологии производства препарата либо для удобства его использования на полях.

Способ практического применения регуляторов роста в сельском хозяйстве основан на том, что препарат помещается в бак с водой самоходного механизма-опрыскивателя, который челночным образом движется по обрабатываемому полю, опрыскивая растения баковым раствором, но сдвигаясь при каждом проходе на 15-25 м. Водно-препаратные капли растекаются по поверхности листьев, формируя пленки («пятна») биоактивного вещества. Фитогормональное вещество проникает в растительные органы, оказывая требуемый биологический эффект.

Другой способ, называемый Оптимальной аэрозольной технологией применения биоактивных веществ, основан на аэродинамическом явлении

преимущественного ветрового (инерционного) оседания аэрозольных частиц с особыми, т.н. оптимальными размерами на заданных объектах (например, на краях растительных листьев, но не на их основной поверхности; на вершинках растений, но не на стеблях или нижних ярусах листьев). Эти принципиальные особенности аэрозольной технологии представляются очень перспективными для регуляторов роста растений, поскольку их биологическая эффективность обычно связана с воздействием на ферментативные системы активно растущих органов растений (верхушечные части, края листьев). Аэрозольная обработка полей заключается в том, что специальный генератор аэрозолей ГРД (Генератор с Регулируемой Дисперсностью аэрозольных частиц и оптимальная аэрозольная технология были разработаны и широко испытаны Институтом химической кинетики и горения СО РАН) при движении вдоль наветренного края поля диспергирует рабочий раствор препарата на аэрозольные частицы заданных размеров (обычно 10-20 мкм по диаметру), формируя аэрозольное облако (волну) вдоль края поля. Аэрозольное облако перемещается с ветром по полю, преимущественно оседая на чувствительных к фитогормонам растительных элементах (например, на верхних листьях). Ширина эффективного воздействия аэрозольного облака, состоящего из частиц с оптимальной дисперсностью, достигает 1-2 км от линии прохода ГРД. Это позволяет проводить обработки при движении ГРД непосредственно по дороге вдоль поля, т.е. без заезда на поле. Сменная производительность ГРД может достигать 1-3 тысяч гектаров, что многократно превышает производительность обычных наземных опрыскивателей.

В этом отношении представляло интерес установить, какие типы регуляторов роста и их коммерческие препараты возможно применять в сельскохозяйственных условиях юга Западной Сибири, используя для этого вышеуказанную аэрозольную технологию с аэрозолями оптимальных для этого размеров. Для полевых испытаний были выбраны два гормональных препарата – гибберелиновый препарат Гибберсиб в виде водорастворимого порошка и жидкий препарат под коммерческим названием Силк 5% (производится из хвои сибирской пихты). Оба препарата созданы в институтах Сибирского отделения Академии Наук, Гибберсиб рекомендован для ускорения созревания различных культур, Силк – для повышения урожайности ряда культур, в том числе яровой пшеницы. Испытания проводились силами Института химической кинетики и горения в 90-е годы в сотрудничестве с несколькими институтами СО РАН и СО РАСХН, на нескольких агрокультурах (кукуруза, соя, рапс, кормовые травы, пшеница). Некоторые из результатов представлены в двух таблицах.

Из таблиц видно, что обработки посевой рапса вышеуказанными препаратами дали существенные прибавки в урожайности общей биомассы, общей массы семян и их маслянистости. Анализ результатов показал, что положительный эффект был связан с заметным ускорением созревания урожая рапса, что является характерным для препаратов гибберелинового типа. В тоже время трехлетние опыты по действию препарата Силк на нескольких сортах

яровой пшеницы не показали достоверного повышения урожайности (тройные и двойные числа в 3-5 столбцах табл. 2 относятся к разным почвенным агрофонам или дозам Силка). Однако в этом нет удивительного, поскольку известно, что воздействие фитогормонов на разные культуры не обязательно приводит к положительным эффектам. Хотя препарат Силк был официально рекомендован для обработок яровой пшеницы, наши трехлетние опыты, проведенные совместно со специалистами СО РАСХН, показали необходимость проведения дополнительных испытаний в агроклиматических условиях Сибири и на районированных сортах яровой пшеницы.

Таблица 1

Эффективность фитогормональных препаратов
Гибберсиб и Силк на рапсе (1994-95)

Вариант	Общий урожай сухой массы		Урожай семян		Вес 1000 семян		Масляничность семян	
	г/кв. м	%	г/кв. м	%	г	%	%	%
Контроль	516	100	54,4	100	2,04	100	33,7	100
Гибберсиб	656	127	80,0	147	1,90	93	36,2	108
Силк	556	108	65,6	110	1,77	87	36,9	110

Таблица 2

Эффективность фитогормонального препарата
Силк на яровой пшенице (1996-98)

Сорт пшеницы	Эффект для урожайности (усредненный за три года) %	Масса 1000 зерен г	Стекловидность %	Клейковина %
Обская 14	102 ± 9	39 – 38 - 39 39 – 38 - 40	54 – 62 - 79 66 – 78 - 84	18 - 18.5 - 21 17 - 22.0 - 21
контроль опыт				
Лютесценс 25	105 ± 10	40 - 40 42 - 42	96 - 96 98 - 98	28 - 28 28 - 28
контроль опыт				
Новосибирская 89	102 ± 8			
Новосибирская 22	102 ± 11			
Показатели ГОСТ				
Сильная - не менее			60	28
Ценная - не менее			50	25

© Ю. Н. Самсонов, В. И. Макаров, 2015

ВЛИЯНИЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ НА ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЖИВОТНЫХ ГОРНОГО АЛТАЯ

Татьяна Ивановна Савченко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химической кинетики и горения» СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, ст. научный сотрудник, тел. (383)333-77-43, e-mail: savchenko@kinetics.nsc.ru

Ольга Васильевна Чанкина

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химической кинетики и горения» СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, научный сотрудник, тел. (383)330-77-43, e-mail: chankina@kinetics.nsc.ru

Александр Васильевич Бгатов

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, 630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, доцент, тел. (383)336-18-07, e-mail: bgatovav@ngs.ru

Изучен многоэлементный состав волос двух пород крупного рогатого скота (*Bos primigenius*) и зубров (*Bison bonasus*), завезенных в горный Алтай, установлены достоверные межпородные и межвидовые различия в накоплении макро- и микроэлементов. Показана тесная корреляционная взаимосвязь между содержанием элементов в волосе и костной ткани диких животных, а также в волосе крупного рогатого скота и в атмосферном аэрозоле Горного Алтая.

Ключевые слова: элементный состав, крупный рогатый скот, зубры, Горный Алтай, SRXRF, атмосферные аэрозоли.

INFLUENCE OF BIOGEOCHEMICAL ENVIRONMENT ON THE PECULIARITY DEVELOPMENT OF ANIMALS MOUNTAIN ALTAI

Tatyana I. Savchenko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., senior staff scientist, tel. (383)330-77-43, e-mail: savchenko@kinetics.nsc.ru

Olga V. Chankina

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., scientist, tel. (383)330-77-43, e-mail: chankina@kinetics.nsc.ru

Alexander V. Bgatov

Novosibirsk State Agrarian University, 630039, Russia, Novosibirsk, 160 Dobrolyubova St., associate professor, tel. (383)336-18-07, e-mail: bgatovav@ngs.ru

The multielement composition of the hair of two strains of cattle and aurochs endemic to the Mountain Altai was used by the SRXRF method. The reliable pedigree and species differences were established in the uptake of macro- and microelements. A close interconnection was demonstrated to exist between the content of elements in the hair and bone tissue of wild animals and the hair of horned cattle and atmospheric aerosol of the Mountain Altai.

Key words: element composition, cattle, bison, Mountain Altai, SRXRF, atmospheric aerosol.

Научные исследования по изучению механизмов адаптации к новым условиям зубров, маралов, горных козлов, различных пород крупного рогатого скота в течение ряда лет проводятся в Горном Алтае на базе Алтайского экспериментального хозяйства (АЭХ). Особенность этого хозяйства и привлекательность его для научных исследований заключается в том, что на сравнительно небольшой территории собраны различные виды и породы домашних и диких животных. Среди домашних – экзотические породы крупного рогатого скота, среди диких – маралы, зубры, горные козлы.

В развитии животных Горного Алтая следует отметить особенность – это гигантские размеры алтайских травоядных животных. Многие их подвиды на Алтае достигают размеров, иногда в несколько раз превышающие размеры других подвидов этих животных, занимающих другие ареалы [1]. Можно отметить, что в некоторых горных районах наблюдается также гигантская травяная растительность. Те виды трав, которые в равнинных условиях имеют высоту 20 – 30 сантиметров, в горах Алтая достигают иногда двух-трех метров и большой биомассы [2].

Особенности химического состава животных и растений дают своего рода биогеохимический портрет отдельных природных экосистем, отражающих их биогеохимическое своеобразие. Согласно предположению А.М. Паничева [3], крупные размеры диких травоядных животных Алтая могут обеспечиваться, в частности, посещением ими т.н. зверовых солонцов, или, правильнее, кудюров – природных ионообменников и сорбентов.

Алтайское экспериментальное хозяйство (АЭХ) характеризуется, в частности, тем, что на его территории, используют одну и ту же кормовую базу, для крупного рогатого скота разных пород, а также зубров. Следовательно, поскольку весь набор экологических факторов, в том числе, условия содержания и пища, для всех животных идентичны, различия в концентрации химических элементов в их тканях должны обуславливаться исключительно за счет генетической компоненты.

Целью данной работы являлось определение видовых различий в содержании ряда макро- и микроэлементов в организме крупного рогатого скота и зубров, обитающих на Алтае. Для этой цели мы использовали волосы животных. Правомерность использования волос человека и животных в качестве индикаторного теста для оценки экологической обстановки, а также количественного показателя минерального обмена в организме доказана результатами работ [4, 5].

Проведена оценка взаимосвязи между элементным составом различных тканей домашних животных Горного Алтая и атмосферного аэрозоля, собранного в Горном Алтае.

Образцы волос маралов были взяты в двух мараловодческих хозяйствах Горного Алтая в период срезки у них пантов. Образцы волос зубров собраны в «зубрятнике» АЭХ с деревьев, о которые зубры предпочитают чесаться. Образцы волос крупного рогатого скота (быки 3-4 лет) собраны в «расколе», выстриганием в районе лопатки животных.

Многоэлементный состав образцов волос животных определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (SRXRF) на станции элементного анализа Института ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН (накопитель ВЭПП-3) [6]. Анализировались образцы в виде таблеток диаметром 1 см, массой 20-40 мг при энергии возбуждения 23 кэВ. Для количественной интерпретации характеристических спектров использовались методики, разработанные нами для биологических образцов [5]. Корреляционная связь между исследуемыми величинами определялась уравнением регрессии: $y = a + bx$, где y и x – логарифмы (\ln) среднегеометрического значения концентраций элементов.

Определение элементного состава волос маралов диких и содержащихся в специальных «маральниках» показало, что концентрации элементов: Fe, Cu, Mn, Sr значительно выше в волосе диких маралов, чем у особей, содержащихся в «маральниках». Элементы Fe, Cu, Mn во многом определяют ценные лечебные свойства крови пантов [7].

Сравнение элементного состава воды из ручья Муны, основного питьевого источника маралов из «маральника», с водой, взятой в пяти местах водопоя диких маралов, существенных отличий не выявило. Следовательно, различия в элементном составе волос диких и «домашних» маралов связаны не с водой, а с другими минеральными источниками. К таковым можно отнести кудюры (зверовые «солонцы») [3].

В таблице приведены данные по содержанию некоторых макро- и микроэлементов в волосе крупного рогатого скота двух пород (серая украинская и галловейская) и зубров, завезенных в Горный Алтай. Согласно полученным данным имеются достоверные межпородные различия в накоплении макро- и микроэлементов. Между серой украинской и галловейской породами скота наблюдается различие по концентрациям следующих элементов: Ca, Mn, Br, Rb, Sr, а между зубрами и каждой породой крупного рогатого скота добавляются еще элементы: Cr, Fe, Co, Ni, Zr, Pb. Следовательно, чем большие генетические различия между данными травоядными животными, тем значительнее различия в содержании химических элементов.

Факторный анализ всей совокупности многоэлементного состава волос исследуемых животных Алтая свидетельствуют об имеющихся значительных отличиях в составе факторов. Это может быть связано с различной степенью взаимного влияния элементов на протекающие в организме животных процессы, зависящие как от вида животных, так и их индивидуальных особенностей.

Проведенные нами исследования указывают на то, что разные районы, с точки зрения геохимии, предполагают разведение разных пород скота, а именно тех, селекция которых и отбор аллелей генов проходили в сходных геохимических условиях.

Можно предположить, что гигантизм животных Горного Алтая мог сложиться в процессе многовековой эволюции за счет отбора определенных аллелей генов, контролирующих рост и биомассу животных, как следствие их приспособленности к наличию гигантских продуцентов, то есть растительности в

местах горообразовательных процессов, обеспечивающих дополнительный источник газов, участвующих в процессах фотосинтеза [2].

Таблица

Концентрации химических элементов в волосе
зубров и крупного рогатого скота, мкг/г

Элемент	Зубры (n=9)	Серая украинская порода скота (n=7)	Галловейская порода скота (n=7)
	$\langle x_i \rangle (\sigma_{gi}), \text{мкг } \Gamma^{-1}$	$\langle x_i \rangle (\sigma_{gi}), \text{мкг } \Gamma^{-1}$	$\langle x_i \rangle (\sigma_{gi}), \text{мкг } \Gamma^{-1}$
K	620 (1,7)	740 (1,4)	450 (2,1)
Ca	1550 (1,4)	2400 (1,5)	6470 (1,3)
Cr	0,7 (1,8)	0,3 (1,3)	0,2 (1,7)
Mn	68 (1,8)	17 (1,8)	45 (1,3)
Fe	1095 (2,0)	270 (1,5)	208 (1,3)
Co	1,2 (1,6)	0,5 (1,4)	0,4 (1,2)
Ni	3,8 (1,5)	1,4 (1,2)	1,1 (1,2)
Cu	15,0 (1,4)	13,4 (1,1)	9,7 (1,1)
Zn	120 (1,4)	130 (1,2)	98 (1,2)
Se	0,3 (1,5)	0,2 (1,3)	0,2 (1,4)
Br	7,7 (2,4)	2,4 (1,3)	0,5 (2,0)
Rb	3,0 (2,1)	0,9 (1,3)	0,5 (1,4)
Sr	5,8 (1,9)	3,2 (1,5)	8,8 (1,3)
Zr	5,8 (1,9)	0,5 (1,5)	0,3 (1,5)
Mo	0,2 (1,5)	0,1 (1,9)	0,1 (1,2)
Pb	1,1 (1,9)	0,6 (1,5)	0,5 (1,4)

$\langle x_i \rangle$ - среднее геометрическое значение концентрации, σ_{gi} - стандартное отклонение

Следует отметить, что важную роль в миграции химических элементов в биосфере играет атмосферный аэрозоль (АА). Нами методом корреляционного анализа было показано существование тесной взаимосвязи совокупности концентраций элементов, содержащихся в атмосферном аэрозоле Горного Алтая и тканях (шерсти и костных тканях) марала, дикого кабана, косули, горного козла, а также шерсти зубра, обитающих в Горном Алтае. Было установлено наличие тесной корреляционной связи между элементным составом указанных объектов (от $r=0.82$ до $r=0.94$) [8]. Элементный состав волос и костных тканей диких животных Горного Алтая был определен ранее и описан в работе [5].

В настоящей работе методом корреляционного анализа выявлена тесная взаимосвязь при сопоставлении совокупности концентраций элементов, содержащихся в атмосферном аэрозоле (АА) и шерсти серой украинской породы ($y = -0.7 + 0.9x$; $r = 0,86$), а также АА и галловейской породы домашнего скота, ($y = -1.1 + 1.0x$; $r = 0,87$).

Анализ полученных результатов по взаимосвязи химических элементов, содержащихся в тканях живых организмов и в аэрозоле, позволяет допустить, что атмосферный аэрозоль играет значимую роль в глобальных циклах следовых элементов.

Данные элементного состава волос и костных тканей диких животных Горного Алтая использовались нами для исследования взаимосвязи элементного состава этих тканей, принадлежащих маралу, косули, кабану и горному козлу. Установлено, что между элементным составом волос и костной ткани марала ($y = 0.6 + 1.10x$; $r = 0,84$), косули ($y = 1.0 + 1.10x$; $r = 0.85$), горного козла ($y = 0.95 + 1.10x$; $r = 0.88$), а также дикого кабана ($y = 0.95 + 1.10x$; $r = 0.88$) существует тесная корреляционная связь. Полученные данные указывают на то, что микроэлементный состав любой из изученных тканей организма животных может быть использован как биогеохимический индикатор состояния окружающей среды.

Заключение. Данные по многоэлементному составу шерсти зубров, двух пород крупного рогатого скота, обитающих на Алтае, указывают на то, что, чем большие генетические различия между травоядными животными, тем значительнее различия в содержании химических элементов.

Показано, что многоэлементный состав волос и костной ткани диких животных тесно связан друг с другом и любой из них может служить оценкой влияния естественной и техногенной нагрузки.

Проведена оценка взаимосвязи между элементным составом тканей домашних животных Горного Алтая и атмосферного аэрозоля, собранного в Горном Алтае. Выявлена высокая корреляционная зависимость между содержанием химических элементов в шерсти животных Алтая и в атмосферном аэрозоле Сибири. По-видимому, аэрозоли играют важную роль в глобальных биогеохимических циклах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Собанский Г. Г. Звери в горах. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1982. – С. 192.
2. В. И. Бгатов, Н. А. Лизалек, Н. М. Кужельный, И.В. Шаламов. Геологическая среда и наземная растительность. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2007. – С. 175.
3. Паничев А. М. Литофагия в мире животных и человека. – М.: Наука, 1990. – С. 40.
4. Ермаков В. В, Тютиков С. Ф. Геохимическая экология животных. – Москва: Наука, 2008. – С. 315.
5. Koutzenogii K.P., Savchenko T.I., Chankina O.V., Kovalskaya G.A.; Osipova L.P, Bgatov A.V. Synchrotron Radiation X-ray Fluorescence Analysis (SRXRF) for Measuring the Multielement Composition of Samples of Biogenic Nature // J. Trace and Microprobe Techniques., - 2003.- V. 21. – № 2. – pp. 311-325.
6. Baryshev V. B., Kulipanov G. N., Skrinisky A. N. Review of X-ray fluorescent analysis using synchrotron radiation. // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res.; -1986. - A 246. – pp. 739-750.
7. Бгатов А. В., Анохин С. М., Савченко Т. И., Чанкина О. В., Ковальская Г. А, Сороколетов О.Н. Минеральный состав тканей диких и домашних маралов Горного Алтая // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, - 2007, - № 6 (174). – С. 59.
8. Куценогий К. П., Савченко Т. И., Чанкина О. В., Попова С. А. Взаимосвязь элементного состава живых организмов, атмосферных аэрозолей, компонентов питания // Химия в интересах устойчивого развития. 2010. – Т. 18. – № 2. – С. 145-152.

© Т. И. Савченко, О. В. Чанкина, А. В. Бгатов, 2015

ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОМАССЫ В ГОРНЫХ ЛАНДШАФТАХ

Алексей Васильевич Пучкин

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории самоорганизации геосистем; Томский государственный университет, 634050, Россия, Томск, пр. Ленина, 36, доцент кафедры краеведения и туризма, тел. (903)952-97-05, e-mail: burabay@mail.ru

Проведена энергетическая оценка наземной биомассы ландшафтов высокогорного бассейна р. Актру. Полученные показатели энергетической ёмкости сопоставлены с энергетической ёмкостью наиболее распространенных видов топлива. Общая площадь бассейна составляет 179 632 395 м², средняя энергетическая ёмкость 18,29 МДж/м², энергетическая ёмкость биомассы на данной территории 2 737 249,74 ГДж.

Ключевые слова: биомасса, энергетическая ёмкость, территория.

DIAGNOSIS OF ENERGY CHARACTERISTICS OF BIOMASS MOUNTAIN LANDSCAPE

Aleksey V. Puchkin

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academicheskyy ave., Science assistant of Laboratory of Self-organizing Geosystems; Tomsk state university, 634050, Russia, Tomsk, 36 Lenin ave., Assoc. Professor of Department of Regional Studies and Tourism, tel. (903)952-97-05, e-mail: burabay@mail.ru

Conducted energy estimate aboveground biomass mountain landscapes Aktru river basin. These indicators of the energy capacity compared with the energy capacity of the most common fuels. The total area of the basin is 179,632,395 m², the average power capacity of 18.29 MJ/m², the energy capacity of the biomass in the area 2,737,249.74 GJ.

Key words: biomass, energy capacity, area.

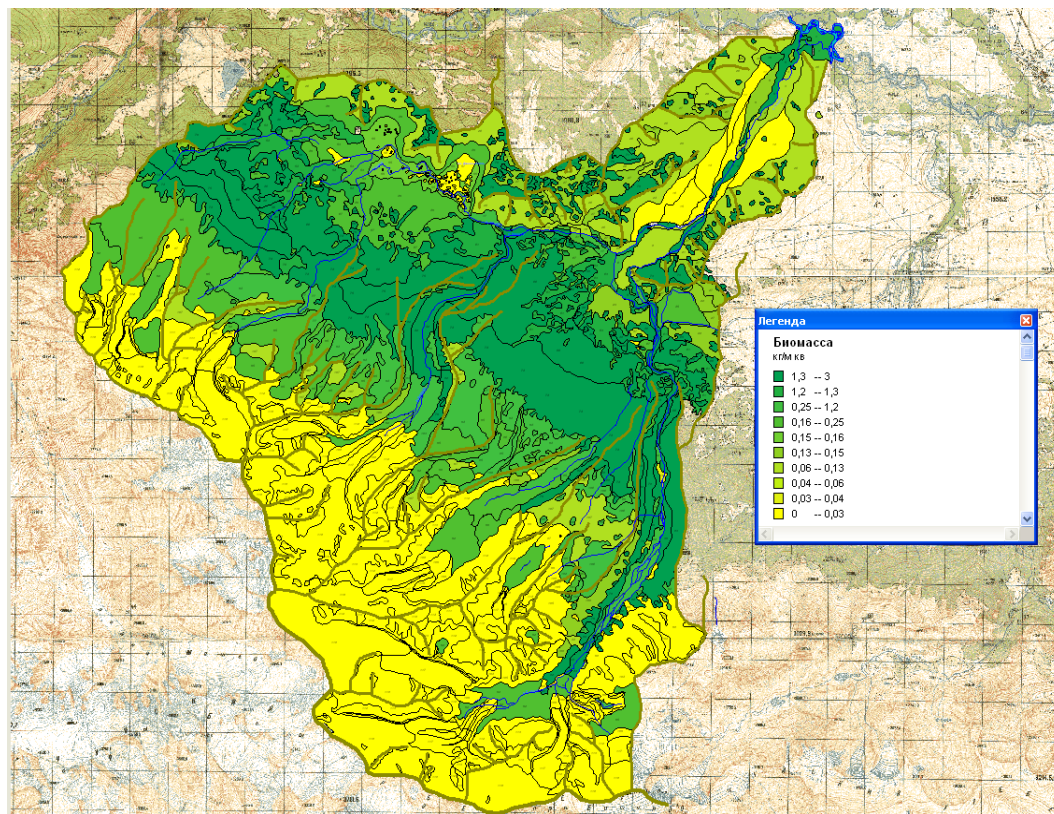
Выявление энергетических характеристик биомассы ландшафтов является важнейшей задачей для определения стоимости природных ресурсов. Оценка стоимости в денежных единицах не является объективной из-за часто меняющегося курса валют, меняющейся стоимости товаров на биржах и т.д. Более объективным является выражение стоимости в единицах энергии, запасенной в тех или иных природных ресурсах.

Нами проводятся работы по энергетической оценке биомассы в высокогорном бассейне р. Актру (Юго-Восточный Алтай). Данные для расчетов количества биомассы в лесных ландшафтах приведены в табл. 1.

Проведена типизация ландшафтов бассейна р. Актру по биомассе, результаты введены в ГИС. Суммарная биомасса в пределах бассейна составила 15798,96 т сухой биомассы. Распределение показателей биомассы можно увидеть на рис. 1. Для расчета показателей энергетической ёмкости биомассы привлекались данные о теплоте сгорания различных видов топлива (табл. 2).

Биомасса (Б) и биопродуктивность (П) таёжных ландшафтов, ц/га [1]

Ландшафты	Б	П
Средняя тайга	2600	70
Южная тайга и смешанные леса	3000	75

Рис. 1. Показатели биомассы растительности ($\text{кг}/\text{м}^2$) в бассейне р. Актру

Энергетическая ёмкость в зависимости от породы древесины принималась 13-16 МДж/кг, лугового сена 17-18,0 МДж/кг, энергетическая ёмкость абсолютно сухой древесины составляет 18 МДж/кг. [1] Эти показатели позволили перейти от весовых значений биомассы к энергетическим. Количественные данные по исследуемой территории получены в ходе полевых работ 2013-2014 гг. Описано 90 точек наблюдения в четырёх высотных поясах бассейна. Рассчитан энергетический эквивалент растительности ландшафтов степной, лесостепной, лесной, горно-тундровой и нивально-гляциальной зон.

Полученные данные помогут оценить стоимость природных ресурсов не в денежных, а в энергетических единицах. Общая площадь бассейна составляет 179632395 м^2 , средняя энергетическая ёмкость $18,29 \text{ МДж}/\text{м}^2$, энергетическая ёмкость биомассы на данной территории $2737249,74 \text{ ГДж}$. Полученные показатели энергетической ёмкости сопоставлялись с энергетической ёмкостью наиболее распространенных видов топлива (табл. 3).

Энергия наземной растительной биомассы соответствует энергии запасенной в 66762 т нефти, 93421 т каменного угля, 62210 т бензина. Распределение показателей энергетической ёмкости приведены на рис. 1, 2.

Таблица 2

Сравнительная таблица различных видов биотоплива* [2]

Биотопливо	Теплота сгорания, кВт*ч/кг	Зольность, %	Точка размягчения, (0С)	N,%	Сl, мг/кг	S, мг/кг
Злаковая солома	4,78	5,68	960	0,47	2,503	737
Рапсовая солома	4,76	6,20	1,273	0,84	4,668	2,703
Целое злаковое растение	4,76	4,24	668	1,16	1,807	1,370
Злаковые зерна	4,72	2,26	709	1,96	660	1,050
Рапсовые зерна	7,35	4,60	-	3,94	-	1,000
Сено	4,83	5,71	1,061	1,14	3,112	1,581
Луговое сено	4,74 (17 МДж)	7,09	918	1,26	7,588	1650
Хвойная древесина	5,23	0,79	1,398	0,14	87	234
Лиственная древесина	5,11	0,55	1,265	0,49	163	402

*Примечание: 1 кВт·ч = 1000 Вт · 3600 с = 3,6 МДж.

Таблица 3

Сравнительная теплотворная способность различных видов топлива [3,4]

Вид топлива	Теплотворная способность
Природный газ	8060 Ккал/куб.м.
Уголь	4000 – 6000 Ккал/кг
Пеллеты из соломы	3500 – 4400 Ккал/кг
Подсолнечная лузга	3685 Ккал/кг

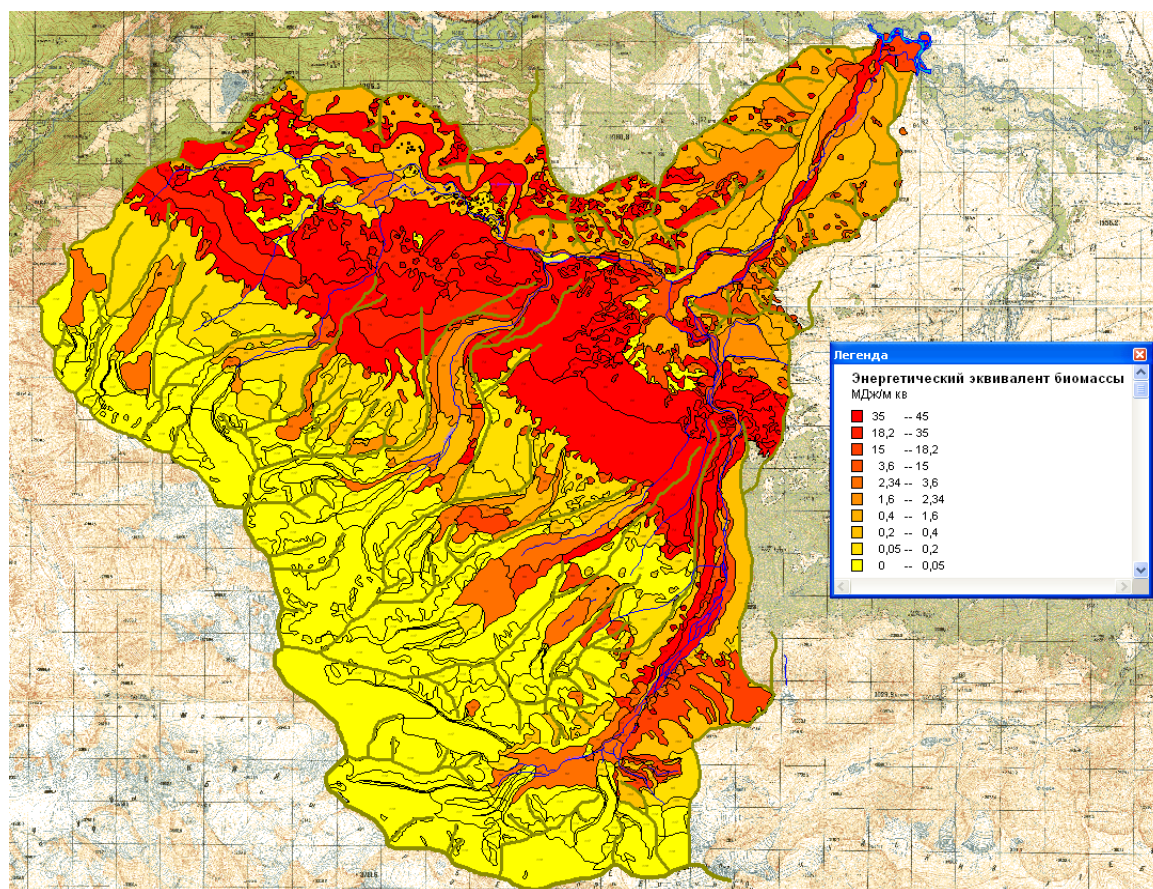


Рис. 2. Распределение энергетического эквивалента биомассы растительности (МДж/м²) в бассейне р. Актру

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаев В. А. Конспект-презентация лекционного курса "Ландшафтоведение" 2009 / 2010 учебного года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.landscape.edu.ru/edu_help1_landshaftovedenie_konspekt.shtml
2. Альтернативное топливо. Переработка отходов сельского хозяйства Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.ipa-don.ru/offers/projects/altt/>
3. Понятие «биомасса». Свойства твердого биотоплива: цифры и факты. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.agrotoplivo.ru/biomassa.html>
4. Головков С.И., Коперин И.Ф., Найдёнов В.И. Энергетическое использование древесных отходов. – М.: Лесная промышленность, 1987. 224 с.

© А. В. Пучкин, 2015

ИСТОЧНИКИ И ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Светлана Анатольевна Попова

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)333-07-87, e-mail: popova@kinetics.nsc.ru

Валерий Иванович Макаров

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Михаил Анатольевич Бизин

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, младший научный сотрудник, тел. (383)333-09-12, e-mail: bizin@kinetics.nsc.ru

Ольга Васильевна Чанкина

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская, 3, научный сотрудник, тел. (383)330-77-43, e-mail: chankina@kinetics.nsc.ru

Борис Сергеевич Смоляков

Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 3, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)316-55-31, e-mail: ecol@niic.nsc.ru

Марина Петровна Шинкоренко

Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 3, инженер, тел. (383)316-55-31, e-mail: shink@niic.nsc.ru

В работе приводится химический состав атмосферного аэрозоля, измеренного в летний сезон 2013 на участках с разной степенью антропогенной нагрузки, для того чтобы определить возможные региональные источники в период отсутствия экстремальных явлений.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, субмикронная фракция аэрозоля, органический углерод, элементный углерод, водорастворимые неорганические ионы, элементный состав.

SOURCES AND TEMPORAL VARIATIONS OF CHEMICAL COMPOSITION OF TOTAL SUSPENDED PARTICULATE IN NOVOSIBIRSK REGION

Svetlana A. Popova

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., junior researcher, tel. (383)333-07-87, e-mail: popova@kinetics.nsc.ru

Valerii I. Makarov

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., Ph. D., senior researcher, tel. (383)333-07-87, e-mail: makarov@kinetics.nsc.ru

Mikhail A. Bizin

Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya St., junior researcher, tel. (383)333-09-12, e-mail: bizin@kinetics.nsc.ru

Boris S. Smolyakov

Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Acad. Lavrentiev Ave., Ph. D., leading researcher, tel. (383)316-55-31, e-mail: ecol@niic.nsc.ru

Marina P. Shinkorenko

Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SB of the RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Acad. Lavrentiev Ave., engineer, tel. (383)316-55-31, e-mail: shink@niic.nsc.ru

The paper describes the chemical composition of atmospheric aerosol measured during the summer season of 2013 in sites with different level of anthropogenic load, in order to identify potential regional sources in the absence of extreme events.

Key words: total suspended particles, fine particles, organic carbon, elemental carbon, water soluble inorganic ions, elemental composition.

Целью работы является определение возможных региональных источников атмосферного аэрозоля (АА) на территории юга Западной Сибири используя пространственное распределение основных аэрозольных компонентов в точках отбора с разной степенью антропогенной нагрузки.

Образцы АА были отобраны в 3-х пунктах: д. Завьялово (1), п. Ключи (2) и г. Новосибирск (3). Первый пункт 1 (54°26'35''N, 82°18'31''E) находится в лесной зоне в 15 км от близлежащей деревни и в 90 км от г. Новосибирска. Здесь отсутствуют местные источники антропогенного загрязнения атмосферы и поэтому, этот участок называем фоновым участком. Второй пункт 2 (54°50'52''N, 83°16'31''E) находится в п. Ключи, расположенному в 30 км к юго-востоку от пункта 3. Эта точка отбора относится к сельской местности и считается, что аэрозоли здесь формируются за счёт естественных процессов с небольшой примесью загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Третий пункт 3 (55°00'30''N, 82°57'40''E) располагается в г. Новосибирске и характеризует городскую зону. Здесь проживает около 1.5 млн. жителей на территории 502 км² и используется более 400 тыс. автомобилей.

Кампания по отбору образцов проводилась с 20 июня по 27 июля 2013 одновременно в 3-х точках отбора. В каждом пункте использовался высокообъёмник для отбора образцов АА на ацетилцеллюлозные фильтры (АФА-ХА-20) со скоростью 200 л/мин и на стекловолокнистые фильтры (Whatman) со скоростью 30 л/мин. Массовая концентрация аэрозоля (См) определялась гравиметрически, используя весы Sartorius TE124S с чувствительностью 10⁻⁴ г, с обязательным просушиванием проб над поверхностью цеолита. Концентрация субмикронных частиц аэрозоля (PM₁) определялась нефелометром [1]. Одна половина ацетилцеллюлозного фильтра использовалась для определения среднесуточных концентраций 20 элементов (K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pb) методом рентгено-флуоресцентного анализа с ис-

пользованием синхротронного излучения (РФА СИ) с энергией возбуждения 23 keV [2]. Другая половина фильтра использовалась для определения водорастворимых компонентов аэрозоля. Концентрации ионов Na^+ , NH_4^+ , K^+ , F^- , HCOO^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} определялись ионной хроматографией (НПИ-1, Россия), HCO_3^- , $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ кондуктометрическим титрованием. Кислотность (рН) водорастворимой фракции АА измерялась с использованием Ionometer ANION-410 (Россия) [3]. Методом реакционной газовой хроматографии были измерены среднесуточные концентрации органического (ОС) и элементного углерода (ЕС) [4]. Статистическая обработка измеренных данных проводилась с использованием Statistica Six Sigma software (release 7.0 for Windows). Метеорологические данные, включающие относительную влажность воздуха (RH, %), температуру (T, °C), скорость ветра (WS, м/с), направление ветра (WD) и видимость (V, км) были размещены на сайте метеорологической станции расположенной в п. Огурцово (54°90'N, 82°95'E) (<http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=29638>).

Средняя массовая концентрация аэрозоля в д. Завьялово, п. Ключи и Новосибирске составляла 28 ± 19.4 , 43.1 ± 14.5 и 90.1 ± 25.8 мкг/м³, соответственно. Средняя массовая концентрация субмикронного аэрозоля (PM₁) за период пробоотбора в пригородной и городской зонах составляет 5.6 ± 2.5 и 10.8 ± 4.2 мкг/м³, соответственно. Отношение PM₁/См на участках 2 и 3 одинаково и составляет 0.12 ± 0.06 . Несмотря на отсутствие нормативов по предельно-допустимой концентрации См и PM₁ для РФ, в зарубежной литературе проводятся дискуссии о величине массовой концентрации аэрозоля, которая может оказывать влияние на здоровье человека. В частности, в работе [5] приводится среднесуточная величина PM₁₀, превышение которой может вызывать эпидемиологические последствия, 40 мкг/м³. Т.к. PM₁ составляет 12% от общей концентрации частиц, то можно считать, что аэрозоль на АФА-ХА фильтре в основном представлен грубодисперсной фракцией аэрозоля (PM₁₀). Таким образом, городская зона подвергается определённому загрязнению. Низкий коэффициент детерминации (R²) между См и PM₁ говорит о разных источниках аэрозоля разных размерных фракций в период летнего сезона 2013, когда отсутствовали какие-либо аномальные события, например, стихийное горение биомассы, пылевые бури и др. (рис.). Проведение корреляционного анализа между массовыми концентрациями общего и субмикронного аэрозоля с основными метеорологическими характеристиками показало, что в летнее время, температура является основным метеорологическим фактором влияющим на концентрацию PM₁, а относительная влажность на массовую концентрацию АА на фоновом участке (табл.).

Элементы почвенно-эрозионного происхождения К, Са, Тi и Fe составляют 98% от общего содержания. Чтобы определить происхождение и степень антропогенного влияния на многоэлементный состав АА, был рассчитан коэффициент обогащения (EF) для всех измеренных элементов. Показано, что К, Са, Тi, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Rb, Sr, Zr имеют EF<10 и имеют почвенное происхождение, для Co и Zn значение EF около 10, что говорит о смешанных источниках, EF>10 для As, Br, Zn и Pb (антропогенное происхождение). По большинству элементов концентрации их в Ключах выше примерно в 2 раза, чем в Завья-

лово, т.е. имеют общий источник (почвенно-эрозионный). Более высокое содержание Са чем К в Новосибирске - следствие усиления вклада дорожной пыли; резкое увеличение Cu, Zn - специфический техногенный источник.

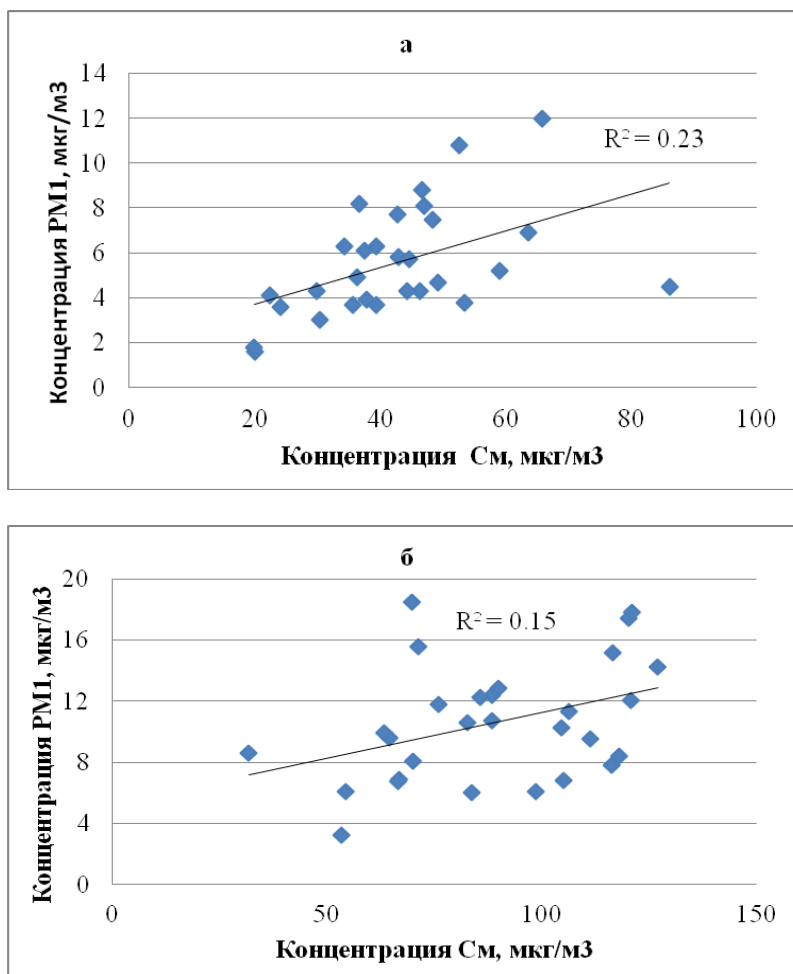


Рис. Линейная регрессия См и PM₁ для участка 2 (а) и 3 (б)

Таблица

Коэффициенты корреляция между См, PM₁ и метеопараметрами

	Завьялово	Ключи		Новосибирск	
	См	См	PM ₁	См	PM ₁
RH	-0.63	-0.36	-0.10	-0.43	0.13
WS	0.45	0.34	0.00	0.04	-0.46
WD	-0.24	-0.11	-0.03	-0.51	-0.35
Temp.	0.50	0.49	0.67	0.31	0.58
V	0.02	-0.02	-0.20	-0.05	-0.38

Динамика ионного состава во всех пунктах близкая, т.е. определяется общими факторами регионального масштаба. Значения ионов в Новосибирске выше за счет большего вклада почвенно-эрозионных источников и дорожной пыли, исключение составляют NH₄⁺ и SO₄²⁻ (летучие предшественники). Ки-

слотность водорастворимой фракции аэрозоля выше (значение рН ниже) в Завьялово из-за дефицита ионов Ca^{2+} , полностью нейтрализующего сульфаты в Ключах и Новосибирске.

Что касается распределения углеродсодержащих частиц, то следует выделить следующее: основная доля приходится на ОС, который в 3-5 раз превышает содержание ЕС и довольно низкое содержание вторичного органического аэрозоля (5-10% от общей массовой концентрации частиц).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бизин М.А., Куценогий К.П., Куценогий П.К., Макаров В.И. Автоматизация нефелометрических измерений массовой концентрации субмикронных атмосферных аэрозолей // Оптика атмосф. и океана. – 2007. – Т. 20. – № 3. – С. 291-296.
2. Baryshev V.B., Bufetov N.S., Koutzenogii K.P., Makarov V.I., Smirnova A.I. Synchrotron radiation measurements of the elemental composition of Siberian aerosols // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A. – 1995. – V. 359. – P. 297.
3. Smolyakov B.S., Shinkorenko M.P. Seasonal dynamics of ion composition of atmospheric aerosol and precipitation in Novosibirsk Region // Atmos. Ocean. Opt. – 2002. – V. 15. – № 5-6. – С. 419-424.
4. Makarov V.I., Koutsenogii K.P., Koutsenogii P.K. Daily and seasonal changes of organic and inorganic carbon content in atmospheric aerosol Novosibirsk Region // J. Aer. Sci. – 1999. – V. 30. – P. 659-660.
5. Brunekreef B., Maynard R.L. A note on the 2008 EU standards for particulate matter // Atmos. Environ. – 2008. – V. 42. – P. 6425-6430.

© С. А. Попова, В. И. Макаров, М. А. Бизин, О. В. Чанкина,
Б. С. Смоляков, М. П. Шинкоренко, 2015

ИНФРАСТРУКТУРА ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА РОССИИ

Ольга Николаевна Николаева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

В статье обосновывается необходимость формирования единого природно-ресурсного информационного пространства России. Предложена инфраструктура природно-ресурсных пространственных данных как средство сбора, упорядочивания, анализа и представления разнородных сведений о природных ресурсах. Описаны цель, структура и внутренние информационные процессы инфраструктуры.

Ключевые слова: природные ресурсы, пространственные данные, инфраструктура пространственных данных, картографический метод исследования, природно-ресурсное картографирование, картографические модели.

THE SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE FOR NATURAL RECOURSES AS A MEANS OF DEVELOPMENT OF NATURAL RECOURSES COMMON INFORMATION SPACE IN RUSSIAN FEDERATION

Olga N. Nikolaeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., Associate Professor of the Department of Ecology and Natural resources management, tel. (383)361-08-86, e-mail: onixx76@mail.ru

The article states the necessity of the organization of natural resources common information space in Russian Federation. The spatial data infrastructure for natural resources is proposed as instrumentation for the gathering, organization, analysis and presentation of mixed natural resources data. The goal, structure and inner information processes of the infrastructure are described.

Key words: natural resources, spatial data, spatial data infrastructure, cartographic practices, natural resource mapping, map-models.

Информационное пространство является одним из ключевых понятий современного научного знания. Хотя его однозначное определение до сих пор отсутствует [1], большинство современных исследователей понимает его как совокупность информационных ресурсов (баз и банков данных, различных средств накопления и хранения информации) и инструментария, позволяющего получать доступ к информационным ресурсам и использовать запрошенные сведения в различных целях [2, 3].

Современный мир характеризуется постоянным нарастанием объемов разнообразной информации, окружающей человека. Развитие технологий дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий привело к столь значительному увеличению потоков информации о природных ресур-

сах, что можно говорить о формировании природно-ресурсного информационного пространства, которое создается огромным количеством мониторинговых, кадастровых и статистических организаций и ведомств. Однако собираемые ими данные относятся к категории разнородных в силу несогласованности методик, технологий, классификаций и оборудования, используемых при наблюдениях. Они характеризуются низкой сопоставимостью, избыточностью, и в некоторых случаях – даже противоречивостью.

В сложившейся ситуации возрастает актуальность вопросов согласования деятельности поставщиков природно-ресурсных данных и унификации формируемых ими баз данных. Однако для природно-ресурсного информационного пространства, формирующегося в России, характерна слабая структурированность баз данных и низкая упорядоченность информационных процессов [4]. Методологическая и технологическая несогласованность, наблюдающаяся при сборе и систематизации природно-ресурсных данных, резко сужает возможности их использования для рационального планирования природопользования. При этом следует отметить, что природно-ресурсное информационное пространство имеет сложную многокомпонентную структуру (рис. 1).



Рис. 1. Структура природно-ресурсного информационного пространства

Как видно из рис. 1, формирование единого природно-ресурсного информационного пространства в России возможно только при целенаправленной совместной деятельности специалистов, работающих в самых различных сферах. Но ключевую роль в этом процессе играют поставщики исходных природно-ресурсных данных - специалисты в области геодезии, дистанционного зондирования и картографии. Именно они обеспечивают постоянное поступление, обновление и анализ данных о природных ресурсах посредством технологий глобальных навигационных спутниковых систем [5, 6], дистанционного зондирования Земли [7], методов картографического моделирования [8].

Роль специалистов в области геодезии, дистанционного зондирования и картографии представляется следующей: разработка инфраструктуры природно-ресурсных пространственных данных (ПРПД), которая позволит четко сформулировать требования к перечню, объему, методикам сбора и порядку обработки и предоставления природно-ресурсных показателей.

Инфраструктура ПРПД представляет собой систему сбора, хранения, моделирования, визуализации и предоставления пользователям природно-ресурсных пространственных данных. Учитывая структуру существующей инфраструктуры пространственных данных РФ (РИПД) [9, 10], она согласуется с РИПД следующим образом (рис. 2):



Рис. 2. Взаимосвязь инфраструктуры ПРПД с существующей инфраструктурой пространственных данных РФ

Как видно из рис. 2, инфраструктура ПРПД призвана органически дополнить существующую РИПД касательно управления той частью тематических пространственных данных, которые характеризуют природные ресурсы. Взаимосвязь и взаимодействие информационных основ инфраструктуры ПРПД и РИПД опирается на следующие принципы:

1) Данные, которыми оперирует инфраструктура ПРПД, собираются, обрабатываются и передаются в виде наборов природно-ресурсных пространственных данных, в соответствии с требованиями РИПД к произвольным наборам тематических данных.

2) Пространственной основой для представления природно-ресурсных данных являются базовые пространственные данные (БПД) РИПД, которые в данном случае рассматриваются как один из информационных компонентов инфраструктуры ПРПД.

3) Обработка и представление природно-ресурсных и базовых пространственных данных осуществляются в информационной системе, являющейся составной частью инфраструктуры ПРПД.

4) Состав наборов природно-ресурсных пространственных данных формируется с учетом принятых в ресурсоведении классификаций природных ресурсов, и перечня показателей, необходимых для управления природопользованием в пределах конкретного региона.

5) Основным средством представления промежуточных и конечных результатов моделирования данных в инфраструктуре ПРПД, является картографическая продукция различных форм и назначения.

Цель инфраструктуры ПРПД заключается в информационном и организационном обеспечении мероприятий по организации и рациональному ведению природопользования в пределах региона. Объектами учета инфраструктуры ПРПД являются природные ресурсы региона.

Информационные потоки, связанные с обращением природно-ресурсных пространственных данных внутри инфраструктуры ПРПД, сводятся к действиям по моделированию и преобразованию этих данных и предоставлению результатов пользователю. При этом практически все эти действия подразумевают картографическую визуализацию обрабатываемых данных, которая может использоваться как для отображения пространственного распределения используемых данных, так и для представления промежуточных и конечных результатов моделирования. Следует отметить, что промежуточные результаты, получаемые в ходе использования данных инфраструктуры ПРПД предназначены для научных экспертов в области природопользования, которые используют их для обоснования рационального и эффективного использования природных ресурсов региона. Конечным же продуктом обработки данных в среде инфраструктуры ПРПД является картографическая продукция, отображающая рекомендации по использованию ресурса, используемая специалистами в области управления природопользованием. Однако в обоих случаях требуется обеспечить наглядную, понятную и удобную потребителю визуализацию. Решить эту задачу возможно только с использованием картографических моделей – основного средства представления данных, имеющих пространственную привязку [11, 12]. Именно картографический метод исследования в сочетании с методами и технологиями геоинформационного картографирования дает возможность получать разнообразные картографические изображения, характеризующие размещение, запасы, особенности освоения, современное и перспективное состояние природных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Барлоу Дж. П. Декларация независимости киберпространства / Дж. П. Барлоу // Криптоанархия, кибергосударства и пиратские утопии / под ред. Питера Ладлоу. – Екатеринбург : Ультра. Культура , 2005. – С. 61–65.

2. Попов В. Д. Государственная информационная политика: состояние и проблемы формирования. Массовые информационные процессы в современной России: Очерки / Отв. ред. А. В. Шевченко. – М.: Изд-во РАГС. – 2002. – С. 22-28.
3. Белов В. С. Информационно-аналитические системы. Основы проектирования и применения: учеб. пособие, руководство, практикум. – М.: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2005. – 111 с.
4. Николаева О. Н. Применение картографических моделей природных ресурсов для системного планирования и ведения рационального природопользования // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, Изд-во Ин-та географии Минобрнауки р-ки Казахстан. – 2013. – № 2. – С. 3–7.
5. Карпик А. П., Сапожников Г. А., Дюбанов А. В. Реализация проекта наземной инфраструктуры глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС» на территории Новосибирской области // ГЕО-Сибирь-2010. Пленарное заседание : сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010», 19–29 апреля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 54–59.
6. Карпик А. П. Опыт создания и перспективы развития региональной наземной инфраструктуры ГЛОНАСС/GPS в Новосибирской области // Вестник геодезии и картографии. – 2014. – № 8. – С. 4
7. Трубина Л. К., Пяткин В. П., Зятькова Л. К. Цифровые фотограмметрические технологии в информационном обеспечении экосистем // Известия вузов. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2012. – № 2/1. – С. 49–52.
8. Николаева О. Н. О совершенствовании информационного обеспечения картографирования природных ресурсов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 107–112.
9. Миллер С. А. Концепция российской инфраструктуры пространственных данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.agiks.ru/data/konf/page8.htm>
10. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации. Распоряжение Правительства РФ от 21.08.2006 N 1157-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/488442>
11. Николаева О. Н., Пластинин Л. А., Николаева О. Н. Применение картографических моделей природных ресурсов для системного планирования и ведения рационального природопользования // Известия вузов. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2013. – № 4/1. – С. 113–116.
12. O. N. Nikolaeva. The System of Natural Resources Map-Models for the Environment Sustainability // Science, Technology and Higher Education [Text] : materials of the international research and practice conference, Westwood, October 16th–18th, 2013 / Publishing office Accent Graphics communications – Westwood – Canada, 2013 Vol.1 - 98-102 pp.

© О. Н. Николаева, 2015

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Екатерина Алексеевна Моисеева

БУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», 628400, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1, аспирант кафедры ботаники и экологии растений, тел. 76-31-54, (922)411-63-26, e-mail: Lapinaea_vizit@mail.ru

Александр Игоревич Шепелев

БУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», 628400, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и экологии растений, тел. 76-31-54, (922)411-63-26, e-mail: landscape-ecology@yandex.ru

Людмила Федоровна Шепелева

БУ ВО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югры», 628400, Россия, г. Сургут, пр. Ленина, 1, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и экологии растений, тел. 76-31-54, (922)411-63-26, e-mail: botany_surgu@mail.ru.

Впервые представлены результаты по изучению влияния нефтяного загрязнения на всхожесть и выживаемость проростков галеги восточной в лабораторном и полевом опытах в условиях средней тайги Западной Сибири. Исследовано влияние микробиологического препарата Байкала – ЭМ1 и минеральных удобрений на рост и развитие молодых растений.

Ключевые слова: галега восточная, нефтяное загрязнение, почва, минеральные удобрения, Байкал – ЭМ1, Западная Сибирь, всхожесть, выживаемость.

EFFECTS OF OIL POLLUTION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF GALEGA ORIENTALIS (GALEGA ORIENTALIS LAM.) IN THE MIDDLE TAIGA WESTERN SIBERIA

Ekaterina A. Moiseeva

Surgut State University, 628412, Russia, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra, Surgut, 1 Lenin Av., graduate student of botany and plant ecology, tel. 76-31-54, (922)411-63-26, e-mail: Lapinaea_vizit@mail.ru

Alexander I. Shepelev

Surgut State University, 628412, Russia, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra, Surgut, 1 Lenin Av., doctor of biological sciences, professor of botany and plant ecology tel. 76-31-54, (922)411-63-26, e-mail: landscape-ecology@yandex.ru

Lyudmila F. Shepeleva

Surgut State University, 628412, Russia, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra, Surgut, 1 Lenin Av., doctor of biological sciences, professor of botany and plant ecology tel. 76-31-54, (922)411-63-26, e-mail: botany_surgu@mail.ru.

For the first time the results on the impact of oil pollution on the germination and seedling survival of galega orientalis in laboratory and field experiments in a middle taiga of Western Sibe-

ria. The influence of microbiological preparation Baikal – EM1 and fertilizers on the growth and development of young plants.

Key words: galega orientalis, oil pollution, soil, fertilizers, Baikal – EM1, Western Siberia, germination, survival.

На территорию Ханты-Мансийского автономного округа приходится практически половина ресурсного потенциала нефти России, и его вклад в годовую добычу российской нефти составляет свыше 57%. Нефть, в свою очередь, является одним из основных загрязнителей окружающей среды и оказывает сильное токсическое действие на растительный и почвенный покров. Разработка новых приемов и способов восстановления нарушенных земель в условиях Севера, где рекультивация таких земель осложнена суровыми природными условиями, имеет большую актуальность. Галега восточная (*Galega orientalis* Lam.) по результатам наших исследований хорошо адаптируется к природным условиям средней тайги Западной Сибири [1]. Её интродукция в регион с целью создания культурофитоценозов на нефтезагрязненных почвах может стать существенным резервом в решении проблемы биологической рекультивации. Вопрос по влиянию нефти и совместного применения биологического препарата Байкал – ЭМ1 на рост и развитие галеги восточной ранее не изучался.

В лабораторных условиях скарифицированные семена галеги восточной выращивали в контейнерах, вмещающих 2 кг почвы. Эксперимент проводили на предварительно загрязненной нефтью почве в трехкратной повторности: 1%, 5%, 10% и 20%. Состав водной вытяжки почвы: азот – ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$)-150 мг/л, фосфор (P_2O_5) -270 мг/л, калий (K_2O)-300 мг/л; влажность >65%; pH солевой суспензии 6-6,5 ед. Высевали в каждый контейнер по 30 семян инокулированных и инокулированных семян. Для инокуляции семян применяли микробиологическое удобрение Байкал – ЭМ1, содержащий десятки видов полезных природных микроорганизмов. Основные из них - молочнокислые, азотфиксирующие, фотосинтезирующие бактерии, разнообразные дрожжи и ферментирующие грибы. Инокуляцию семян проводили перед посевом согласно рекомендации по применению препарата. Влажность почвы поддерживали поливом водопроводной воды.

В ходе исследований установлено, что непосредственный контакт семян галеги с нефтью, приводит к снижению их всхожести и выживаемости (рис. 1).

Анализ экспериментальных данных показал, что с ростом концентрации нефти в почве, в варианте с применением Байкала – ЭМ1, снижение численности проросших семян отмечается только при уровне загрязнения 15% и выше. Концентрация нефти 1%, 5% и 10% оказали стимулирующее действие на всхожесть (43, 26, и 34% соответственно). Величина этих показателей возросла на 6-23% по сравнению с контрольным вариантом опыта (20%). Наименьшая всхожесть отмечена при 20% содержании нефти в почве (6%).

Отрицательное действие нефтяного загрязнения на прорастание инокулированных семян отмечается при дозах нефти в 5% и выше. Концентрация

в почве нефти 1% не оказало существенного влияния на всхожесть семян и, существенно, не отличалась от контрольного варианта опыта (61-62%).

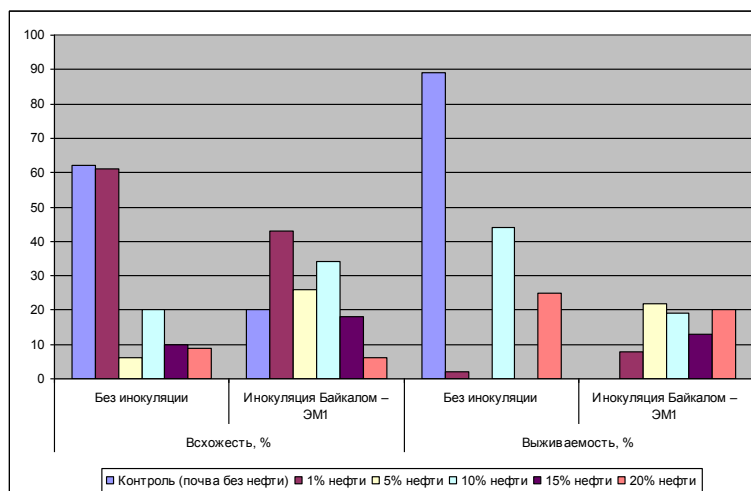


Рис. 1. Влияние нефтяного загрязнения на лабораторную всхожесть и выживаемость растений галеги восточной

Полученные нами результаты, в целом, подтверждают исследования В.М. Невзорова, который отмечает, что нефтезагрязненная почва приобретает гидрофобные свойства, и углеводороды нефти сорбируются на поверхности семян, препятствуя поступлению в них воды [2]. По данным А.В. Назарова всхожесть семян в таких почвах определяется доступностью воды и кислорода, а не токсичностью нефти [3]. В нашем случае положительный эффект от применения микробиологического Байкал – ЭМ1 скорее всего связан с замачиванием семян галеги восточной в течение 2-х часов перед посевом в водном растворе препарата, что способствовало проникновению и накоплению необходимой для прорастания влаги в семенах.

Подсчет выживших растений через месяц после посева, свидетельствуют об отрицательном действии нефти на выживаемость молодых растений и их массовой гибели на всех вариантах опыта, что отмечается многими авторами [4,5,6]. Самая высокая выживаемость проростков галеги восточной (89%) наблюдалась на чистой от нефти почве, при посеве неинокулированных семян, а при 5 и 15% - ом нефтесодержании отмечена полная гибель ростков. В контрольном варианте опыта с применением Байкала – ЭМ1 все всходы к моменту подсчета погибли. В остальных вариантах опыта выживаемость растений существенно не отличалась и не зависела от возрастания концентрации нефти в почве (13 - 22 %).

В целом нужно отметить, что хотя концентрация нефти в почве 1% оказала стимулирующее действие на всхожесть семян во всех вариантах опыта, количество выживших растений оказалось минимальным: 2% - при обычном посеве; 8% - при инокуляции семян.

Согласно литературным источникам, в полевых условиях нефтяное загрязнение действует негативнее на прорастание семян и их выживаемость, чем в лабораторных [7,8]. Поэтому полученные нами в лабораторных условиях данные по влиянию нефти на рост и развитие галеги восточной были проверены в полевом микроделяночном опыте. Семена галеги восточной были посеяны на площадках участка Южно-Сургутского месторождения нефти, расположенного на внутриводоразделном останце второй надпойменной террасы Оби испытавшего в 2001-2002 годах аварийные выбросы «сырой» нефти (смеси пластовых флюидов – углеводородов и минеральных солей). Посев галеги восточной проводили 13 июня 2014 года на двух участках: I – участок нефтерозлива с отсыпкой чистым песком после аварии; II – участок нефтерозлива без отсыпки, где на данный момент расположено болото без признаков произрастания какой-либо растительности.

Исходные показатели нефтезагрязненной почвы определяли в аккредитованной лаборатории «Поволжского государственного технологического университета» (табл. 1).

Таблица 1

Исходные показатели нефтезагрязненной почвы

Наименование участка	Нефтепродукты, мг/кг	pH	Хлориды, мг/экв/100 г	Плотный остаток, %
Участок с отсыпкой песком	2577,0	6,0	0,48	0,14
Участок без отсыпки (болото)	72383,0	3,55	6,74	1,04

В полевых условиях на нефтезагрязненную почву были внесены минеральные удобрения: карбамид, сульфат калия, фосфор. Удобрения вносились непосредственно перед посевом в рядки. Глубина заделки семян - 1,5-2 см. Все работы проводились вручную.

Опыт включал следующие варианты: I – Контроль (посев неинокулированных семян); II – N₃₀P₆₀K₉₀; III – Инокуляция семян перед посевом Байкалом – ЭМ1.

Методика изучения влияния нефти на рост и развитие галеги восточной включала систематическое определение общего состояния посевов (количество взошедших и выживших растений) и наблюдения за фенологией, ростом и развитием растений с момента появления всходов до конца вегетационного периода по всем вариантам опыта.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что воздействие нефти на растения галеги восточной начинается сразу же после высева семян в грунт и чем выше начальная концентрация нефти в почве, тем сильнее прослеживается эта тенденция.

Согласно нашим исследованиям в год посева растения галеги восточной на исследуемой территории проходят фазы всходов, появления узла кущения и стеблевания, но последующие фазы развития не вступают [1]. Анализ фенологических фаз развития растений показал сильное отрицательное влияние загрязнения нефтью почвы на рост и развитие культуры (табл. 2).

Фазы роста и развития галеги восточной первого года жизни
при нефтяном загрязнении почвы

	Южно-Сургутское месторождение					
	без засыпки (болото)			с засыпкой		
	Контроль	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	Байкал	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	Удобрения	Байкал
посев	13.06.14					
всходы	29.06.2014					
	3 листа	3 листа	2 листа	2 листа	2 листа	-
	10.07.2014					
	3 листа	3 листа	2 листа	3 листа	2 листа	-
	03.09.2014					
	3 листа	3-5 листьев	погибли	3-5 листьев	4-6 листа	-

В наших условиях, в год посева, растения вступили в фазу всходов в одни сроки (29.06.2014) во всех вариантах опыта кроме варианта с посевом инокулированных семян при посеве в нефтезагрязненную почву отсыпанную песком. В этом варианте опыта проростки не зафиксированы. К концу вегетационного периода (03.09.2014) растения так и остались в фазе всходов, не образовав настоящих листьев. Отмечено незначительное положительный эффект от применения минеральных удобрений на образование листьев, что выразилось в увеличение числа листочков на обоих участках почв (5-6 шт.), по сравнению с контрольными растениями (3-5 шт.). Применение микробиологического удобрения отрицательно повлияло на полевую всхожесть и выживаемость растений галеги. К концу вегетационного периода все растения погибли. Известно, что на нефтезагрязненной почве в прикорневой зоне доминируют виды микромицетов рода *Mucor*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* являющимися причиной фитотоксичности загрязненной нефтью почвы [9]. Видимо применение Байкала – ЭМ1, в состав которого также входят ферментирующие грибы типа *Aspergillus*, *Penicillium*, и оказал отрицательный эффект на прорастание семян галеги восточной. Кроме того установлено, что при благоприятном водном режиме нефтезагрязненной почвы наблюдается большое количество проросших семян, которые в первое время после прорастания не испытывают видимого угнетения [4,5]. Данным фактом объясняется появление всходов галеги восточной при предпосевной инокуляции семян и дальнейшей их гибели.

Фазы развития растений характеризуются биометрическими показателями. Высота и длина корня – один из наиболее существенных признаков развития растений. Известно, что в год посева галега восточная развивается медленно, так как идет интенсивное формирование корневой системы, что обуславливает хорошую зимостойкость и длительное хозяйственное использование культуры. К концу вегетационного периода высота побегов галеги восточной, по всем вариантам опыта существенно не отличалась и составляла 2-2,69 см. Как видно из

рис. 2, с повышением концентрации нефти и кислотности в исходной почве уменьшается длина корня.

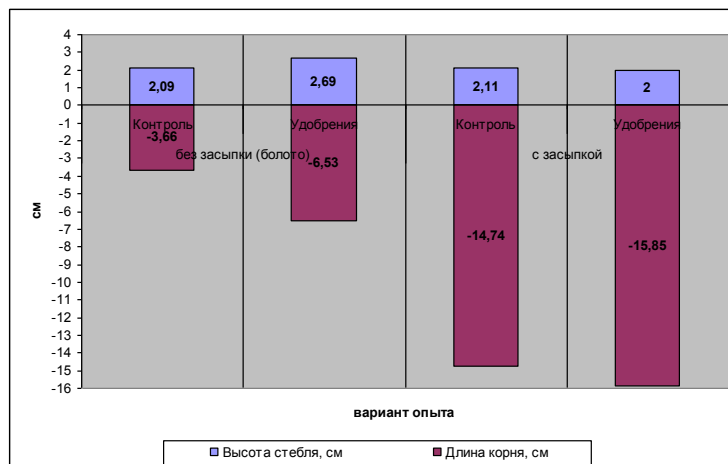


Рис. 2. Биометрические показатели вегетативных органов растений галеги восточной в год посева при нефтяном загрязнении почвы

Так, в варианте с посевом семян галеги в рекультивированную почву с содержанием нефтепродуктов 2577,0 мг/кг и рН 6,0 длина корня составила 14,74-15,85 см и применение удобрений не оказало существенного влияния. При посеве на втором участке, при концентрации нефти 72383,0 мг/кг и рН 3,55 – 3,66-6,53 см. В этом варианте опыта наблюдается положительный эффект от внесения минеральных удобрений на развитие подземных органов козлятника. Длина корня при применении $N_{30}P_{60}K_{90}$ составила 6,53 см, что практически в два раза длиннее корней контрольных растений (3,66 см). Полученные нами результаты подтверждают данные исследований проведенных А.В. Ледневым, который объясняет данный факт тем, что за счет минеральных удобрений улучшается пищевой режим загрязненной почвы [10].

Таким образом, несмотря на то, что нефтяное загрязнение почв средней тайги Западной Сибири негативно влияет на рост и развитие растений галеги восточной доказано, что инокуляция семян перед посевом Байкалом – ЭМ1 снижает влияние токсичности нефти на появление всходов и выживаемость растений. Снижение лабораторной всхожести семян отмечается при уровне загрязнения почвы 15% и выше, а выживаемости растений не зависела от концентрации нефти в почве. Загрязнение нефтью в количестве 1% от массы почвы оказало стимулирующее действие на лабораторную всхожесть семян, но при этом выживаемость проростков молодых растений была минимальная во всех вариантах опыта.

Установлено, что применение минеральных удобрений способствует повышению адаптивных свойств растений, улучшая их морфометрические показатели по всем вариантам опыта. Применение Байкала – ЭМ1, наоборот, привело к полной гибели растений к концу вегетационного периода. Наблюдается

прямая зависимость развития корневой системы галеги восточной от количества нефтепродуктов в почве перед посевом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лапина Е.А., Шепелева Л.Ф. Эколого-биоморфологические особенности развития козлятника восточного (*Galega orientalis* L.) первого года интродукции в условиях средней тайги Западной Сибири // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. - № 6 (167). – С. 30-35.
2. Невзоров В.М. О вредном воздействии на почву // Известия вузов. Лесной журнал. - 1976. - № 2. - С. 164-165.
3. Назаров А.В., Иларионов С.А., Сергеев В.А. и др. Способ фиторекультивации нефтезагрязненных почв. Патент РФ № 2225086 С1.- 2004.
4. Демиденко А.Я., Демурджан В.М., Шеянова А.Д. Изучение питательного режима почв, загрязненных нефтью // Агрехимия. - 1983. - № 9. - С. 100-103.
5. Максименко О.Е., Червяков Н.А., Каркишко Т.И., и др. Динамика восстановления растительности антропогенно нарушенного сфагнового болота на территории нефтепромысла в Среднем Приобье // Экология. - 1997. - №4. - С. 243-247.
6. Аниськина М.В. Мутагенный и токсический эффекты у растений *Tradescantia* (clon 02) и *Arabidopsis thaliana* (L.) Heunh., индуцированные нефтью и нефтепродуктами: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар., - 2006. - 20 с.
7. Шилова И.И. биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, - 1988. - С. 159-168.
8. Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузяхметов Г.Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы // Вестник Башкирского университета. - 2001а. - № 1. - С. 32-34.
9. Назаров А.В., Иларионов С.А. Изучение причин фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Письма в Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»: Научно-технический центр «Тата». - 2005. - № 1. - С. 60-65.
10. Леднев А.В. Изменение свойств дерново-подзолистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приёмы их рекультивации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ижевск., 2008. 44 с.

© Е. А. Мусеева, А. И. Шепелев, Л. Ф. Шепелева, 2015

ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЙСАН – ИРТЫШ

Надежда Ивановна Михайлова

ВКГУ им. С. Аманжолова, 070007, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. 30-й Гвардейской Дивизии, 34, кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры географии, тел. (7232)25-32-70

Алёна Николаевна Логиновская

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 070004, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова А.К., 69, кандидат географических наук, ст. преподаватель кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. (777)154-73-77, e-mail: aloginovskaja@bk.ru

Рассматриваются и анализируются разные точки зрения на проблему возраста системы Зайсай – Иртыш. Дан анализ современного состояния Иртыша, и прогноз дальнейшей судьбы реки.

Ключевые слова: река, долина, сток.

THE PAST, PRESENT AND FUTURE OF ZAISAN – IRTISH WATER SYSTEM

Nadejda I. Mihailova

East Kazakhstan State University after S. Amanzholov, 070007, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 34 30-Gv. Divisii st., k.g.-m.n., professor of the pulpit «Geography», tel. (7232)25-32-70

Alyna N. Loginovskaya

East Kazakhstan State Technical University after D. Serikbayev, 070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, 69 Protosanova A. K. st., k.g.n., cl. teacher of the pulpit «Geodesy, landdevice and cadastre», tel. (777)154-73-77, e-mail: aloginovskaja@bk.ru

The different points of view on the Zaisan – Irtysh water system's age are reviewed and analyzed. The article is analyzed modern condition of Irtysh River and its future condition forecast.

Key words: river, valley, flow.

За все время существования цивилизаций как ранних земледельческих, так и современных высокотехнологичных вода, образно говоря, являлась кровью цивилизации. Республика Казахстан относится к числу вододефицитных стран Евразии. Проблема трансграничных рек в прошлом и сейчас остается болезненной. Начался забор части стока р.Черный Иртыш для водоснабжения орошаемых земель и промкомплекса в г. Карамае на территории Уйгурского автономного района Китая. Это вызывает у людей обоснованную тревогу за судьбу реки, за развитие экономики и состояние экологии. Что вполне понятно – ведь Иртыш исторически имеет важнейшую социальную, экономическую, экологическую, культурную и рекреационную ценность не только для Восточного Казахстана, но и для России. Информация об объемах и динамике безвозвратного водопотребления Китаем в бассейне Черного Иртыша отсутствует, однако гидропост с.Буран Восточно-Казахстанской области фиксирует уменьшение стока

р. Черный Иртыш приблизительно в объемах до 1 млрд. кубометров в год, в основном в вегетационный период. Как скажется такое значительное уменьшение стока Черного Иртыша на всей системе Иртыша в ближайшем и отдаленном будущем через 200-500 лет вперед? Прошлое сформировало настоящее, настоящее формирует будущее. Для того чтобы прогнозировать как в дальнейшем будет развиваться экологическая система бассейна Иртыша, чем станет сам Иртыш, необходимо проследить историю Иртыша и всей гидрографической системы Восточного Казахстана.

По литературным источникам установлено, что водность системы реки Иртыш в прошлом была значительно больше. Выяснено, что, начиная с раннего олигоцена, происходит направленная аридизация ландшафтов Восточного Казахстана и, следовательно, уменьшение водности Палеоиртыша. Многочисленные русла палеорек либо перешли в ископаемое состояние, либо, в меньшей степени, используются современными реками.

Собранная информация однозначно говорит о том, что аридизация и дальше будет усиливаться, и будет уменьшаться водность Иртыша. Вполне возможно, что из-за наложения неблагоприятных факторов Иртыш может превратиться через 400-500 лет в ряд слабопроточных плёсов.

Однозначно, безвозвратный отъем вод из Черного Иртыша на территории Китая только ускорит деградацию системы Иртыш-Зайсан.

Что ждет систему Зайсан – Иртыш через 100-500 и далее лет. Чтобы прогнозировать будущее системы надо знать закономерности ее развития в прошлом. И на этом основании разрабатывать программы природопользования на будущее.

За более чем столетнюю историю изучения гидрографической сети Юго-Западного Алтая были решены основные проблемы. Было доказано, что структурный план речных систем консервативен, то есть не изменился по крайней мере с олигоцена и до наших дней. В работах Чумакова И.С., Селиверстова Ю.П., Ерофеева В.С. и др. приводится обширный доказательный материал [1,4]. До сих пор остаются дискуссионными вопросы возраста и происхождения речных систем Юго-Западного Алтая.

О возрасте долины Иртыша и его притоков сложились два мнения. Большую древность долины Иртыша предполагает Кассин Н.Г. Он пришёл к заключению «что выработка гидрографической сети, близкой к современной, относится ещё к нижней-средней юре и верхнему мелу». Впервые на большую древность долины Иртыша указал В.А. Обручев, отметивший, что эта долина была заложена ещё в дотретичном периоде.

Чумаков И.С. опираясь на обширные геологические документы, к заключению – «...наиболее древние осадки, установленные в долинах крупных рек относятся к верхнему плиоцену. Однако в их притоках, берущих начало в области предгорий, наряду с верхним плиоценом сохранились осадки миоплиоцена, нижнего-среднего миоцена и даже верхнего олигоцена, что позволяет нам уверенно датировать время заложения местной гидросети по крайней мере олигоценом».

В раннем палеозое на обширной территории северной Азии располагался Палеоазиатский океан. На дне океана формируются мощные вулканогенно-осадочные толщи - будущая земная твердь Алтайской земли.

Позднем палеозое Палеоазиатский океан переживает сложное развитие. Хорошо очерчены материка Сибирский и Казахстанский, а между ними Зоненшайном Л.Б. интерпретированы в качестве океанических бассейнов: Иртыш-Зайсанский, Джунгарский, Южно-Монгольский, Западно-Сибирский [3].

К концу раннего карбона в визе-намюрское время палеоазиатский океан «захлопывается» и возникает континентальная земная кора Алтая, Казахстана и сопредельных территорий.

От Палеоазиатского океана остается «шовная зона», которая впоследствии преобразовалась в Иртышскую зону смятия, Северо-Восточную и систему глубинных разломов юго-восток, северо-западного простирания в Калба-Нарымской и Саур-Тарбагатайской зонах. В дальнейшем эта зона определяет различие в развитии герцинид Казахского мелкосопочника и герцинид Алтая. По мнению Нехорошева В.П. в средне-позднекаменноугольное и пермское время Алтай и Казахский щит могли иметь высокий эрозионно-денудационный рельеф, поэтому средне-верхнекаменноугольные и пермские отложения имеют ограниченное распространение. Судя по составу ископаемых растений и угленосности, гидротермика поверхности Земли была благоприятна для развития речных систем. Следовательно, где-то должны были накапливаться воды, формирующиеся из атмосферных осадков, и куда-то должен быть сток вод. Цепочка углепроявлений и мелких месторождений углей, как сказано выше располагающаяся от р. Алей до р. Малая Ульба свидетельствует о том, что здесь было много озер, в целом повышенная влажность, т.е. это «шовная зона» стала водоприемником, базисом стока рек, существовавших здесь в конце палеозоя.

Таким образом «шовная зона» уже в конце позднего палеозоя становится базисом стока как внешнего, так и внутреннего. Возможно это уже прообраз будущей долины Иртыша.

В мезозое по мнению Нехорошева В.П. юго-западный Алтай – высокогорная страна с эрозионным рельефом, продукты разрушения которого выносятся за пределы. Бувалкин А.К. считает, что здесь сформировалась «высокая эрозионно-денудационная равнина, расчлененная речными долинами на системы хребтов и увалов». Кассин Н.Г. еще в 1947 году высказал мнение – «в мезозое, к началу кайнозоя, по-видимому, уже существовала неглубокая ложбина Иртыша, проходящая между Казахским нагорьем и денудационной приподнятой равниной будущего Алтая, и далее на юго-восток с горной системой Чингиз – Тарбагатай – Саур». Он назвал эту форму рельефа – Иртышское понижение. Надо полагать, в позднем триасе и ранней юре это понижение является базисом стока для рек и Казахского нагорья и Алтайской приподнятой равнины. Здесь могли возникать заболачивающиеся озерные водоемы, превратившиеся потом в месторождения углей или углепроявлений как бы маркирующих Иртышское понижение: Юбилейное, Кривинское, Лебяжинское, Белогорское, Чиликтинское, Сарыдолинское, Калкаманское. Таким образом, в начале мезозоя «шовная зона» продолжает оставаться базисом стока. Но воды, накапливающиеся в Иртышском понижении, вероятно, не имеют выхода на север на территорию будущей Западно-Сибирской низменности.

По Бувалкину А.К. уже с триаса происходят события, определившие общий уклон местности на север. «Вероятно, в конце среднего триаса произошли тектонические движения земной коры на востоке Илийской впадины, вдоль юго-западной периферии Иртыш-Зайсанской складчатой области, северо-восточнее хр. Саур. Они проявились в ускоренном поднятии крупных блоков, которые обрисовались в рельефе горными хребтами средней высоты. Вблизи блоков поднятия заложилась Акботтаский, Кендырлыкский локальные прогибы, заполнявшиеся угленосными толщами». В рэт-лейасовое время в блоке хр. Чингиз-Тарбагатай вдоль юго-западной окраины Иртыш-Зайсанской складчатой области, хр. Саур и далее на юго-восток возникают уже высокие горы. В дальнейшем в течении юры и раннего мела эта зона постоянно создавала гипсометрическую разность и обеспечивала сток рек в Иртышское понижение на всем его протяжении. Однако блок Саур-Тарбагатай продолжал сохранять горный рельеф. Постепенно возникающая гипсометрическая разность между описываемой территорией и расположенными севернее блоками будущей Западно-Сибирской низменности начала обеспечивать общий сток на север по Иртышскому понижению. Гольберт А.В. считает, что в триасе и ранней-средней юре в пределах седиментационной области Западно-Сибирской плиты в это время существовал еще довольно контрастный эрозионно-тектонический рельеф, а Урал и Алтай-Саянская складчатая область представляли собой, по-видимому, горные сооружения с абсолютными отметками до 1000-2000 м. Сибирская платформа и Казахская складчатая страна, видимо, были высокими, холмистыми плоскогорьями [3]. Только в поздней юре, когда родилось Западно-Сибирское море, а в конце мела Кулундинский прогиб сформировались окончательно условия для стока вод по Иртышскому понижению. По-видимому, так родилась долина Иртыша, сам Иртыш. По мере роста Алтайского свода за счет попятной эрозии сформировались все его правые притоки.

По мнению ряда исследователей с датского века начинается активизация движений земной коры в пределах алтайского блока в виде поднятий Алтайского свода. По мнению Ерофеева В.С. между Саур-Тарбагатаем и растущим Алтайским сводом закладывается широкое, пологое понижение Зайсанской впадины. Надо полагать Кендырлыкская впадина, существующая еще с пермского времени вошла в состав Зайсанской впадины. Возможно, Зайсанская и Кендырлыкская впадины являются западным окончанием более крупной Джунгарской впадины.

К середине эоцена впадина заполнилась водами стекающих с Саур-Тарбагатай рек, сформировалось пресноводное озеро вначале непроточное. Время рождения древнего Зайсана в течение палеоцена и раннего эоцена обосновано Нехорошевым В.П., Борисовым Б.П., Ерофеевым В.С. и др. и считается бесспорным. Но вопрос о причинах, тектонических и физико-географических условиях стока зайсанских вод в древний Иртыш остается дискуссионным до сих пор. Можно только предполагать, что высокий рельеф Саур-Тарбагатайского и Калбинского блоков, и более низкий Иртышского понижения обеспечили сток вод на север в Иртышское понижение. Возможно это сброс вод происходил в колоссальных объемах, что вызвало олигоценное на-

воднение в долине Палеоиртыша. Мощные потоки захватывали крупных индикотериев, унитотериев и других обитателей иртышского понижения и вызывали их гибель. Остатки-свидетели этого наводнения установлены в излучине долины Палеоиртыша ниже Павлодара в Гусином перелете. Уже позднее коррелятивно с поднятием Алтайского свода окончательно сформировались и долина Иртыша, и гидрографическая сеть Юго-Западного Алтая.

Черный Иртыш, согласно классификации Б.Д. Зайкова, можно отнести к южно-алтайскому подтипу водного режима, характеризующегося растянутым, умеренно высоким весенне-летним половодьем и дождевыми паводками. Снеговое питание составляет в среднем 51%, дождевая составляющая – 13%, на долю грунтового питания приходится 36%. Некоторое влияние на сток реки оказывают талые воды высокогорных снежников и ледников.

Внутригодовое распределение стока Черного Иртыша обусловлено соотношением источников питания и изменением их в течение года. В среднем 86% годового стока приходится на весенне-летний период (апрель-сентябрь), осенний и зимний сток незначительны. Повышение стока начинается в апреле (5,5%) за счет таяния снега на равнинах и в предгорьях. Увеличение его в мае (17%) происходит за счёт смещения снеготаяния из предгорий в низкогорья и среднегорья. Самый значительный объем стока приходится на июнь – 27% годового, затем начинается его постепенный спад, обусловленный, в основном, истощением сезонных снегозапасов [9].

Наивысшие расходы талых вод в створе у с.Буран колеблются от 2330 м³/с (1966 г.) до 626 м³/с (1967 г.) при среднемноголетней величине 1470 м³/с. Продолжительность половодья длится от 114 до 202 дней. Что касается дождевых паводков, то их самые высокие расходы уступают снеговым, изменяясь от 1110 м³/с (25 октября 1946 г.) до 79,5 м³/с (7 октября 1974 г.) при среднем значении 240 м³/с [7,8,9].

Межень на реке выражена только в зимний период. Ее минимальные суточные расходы колеблются от 30,8 м³/с (16 декабря 1976 г.) до 73,1 м³/с (28 февраля 1947 г.), достигая в среднем 50,0 м³/с. Минимальные суточные расходы воды при открытом русле значительно выше зимних - от 61,6 м³/с (12 ноября 1978г.) до 327 (20-21 октября 1946 г.) и составляют в среднем 121 м³/с [8,9].

Наиболее высокий годовой сток был отмечен в 1946, 1958, 1969 и в 1993гг., составив соответственно 458, 466, 478 и 461 м³/с. В то же время, наиболее низким годовой сток был отмечен в 1974 г. (143 м³/с), в 1978г. (166 м³/с) и в 1982 г. (134 м³/с). Таким образом, максимальный размах вариации годовых расходов Черного Иртыша составил 344 м³/с или 117% среднего годового стока [8, 9].

Регулярные гидрометрические наблюдения на реке у с.Буран ведутся с 1938 года. Средний многолетний расход за период 1938-2008 гг. составил 294 м³/с с колебаниями в отдельные годы от 134 (1982 г.) до 478 м³/с (1969 г.). В единицах объёма это составляет 9,3 км³/год при вариациях год от 4,2 до 15,1 км³ за год. На территории Казахстана в средний по водности год формируется 1,6 км³ стока, остальные 7,7 км³ поступает со стороны КНР [9, 10].

Растущая экономика Китая требует все больше и больше воды. Ещё в 1960 г. китайской стороной было заявлено об отъёме части стока Черного Иртыша в перспективе до 4,35 км³ в год. Есть сведения, что Китай забирает воду из Черного Иртыша с 1985 г., но объёмы водозабора оставались сравнительно небольшими вплоть до 1990 г. - около 0,3 км³ в год. В настоящее время достоверные данные об объемах изъятия воды из Черного Иртыша отсутствуют.

Сейчас по Черному Иртышу из КНР в казахстан поступает 5,0 куб.км в год по сравнению с 7,8 куб.км в 1989г. Дополнительный забор воды может привести к самым серьезным экономическим и экологическим последствиям учитывая, что в маловодные годы сток Иртыша в Казахстане может падать до 4,5 млрд. км. Таким образом, можно констатировать, что проблема является серьезной и будет приобретать все большую актуальность с экономическим развитием Китая и Казахстана. При отсутствии должного подхода к ее решению возникает серьезная экологическая угроза всему региону [10].

От согласованной водной политики Казахстана и Китая зависит ряд территорий России, прежде всего Омская и Тюменская области. В результате повышенного забора воды в Китае Россия уже лишилась 2 млрд.куб.км воды в год [10, 17]. Казахстан также все больше использует воды Иртыша для нужд гидроэнергетики, что создает проблемы для сельского хозяйства России, рыбного хозяйства, судоходства и пр. [10]. Уменьшение стока реки Иртыш может вызвать аридизацию климата и привести к уменьшению естественной влажности почвы, снижению урожайности сельскохозяйственных культур, деградацию пастбищ, опустыниванию значительной части территории северо-восточного региона Казахстана, нарушит естественный водный баланс региона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бувалкин А. К. Юрские отложения Восточного Казахстана, Алма-Ата: Наука, 1978.
2. Ерофеев В. С. Геологическая история южной периферии Алтая в палеогене и неогене, –Алма-Ата:Наука, 1969.
3. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. – М: Недра, 1976.
4. Кассин Н. Г. Материалы по палеогеографии Казахстана. – Алма-Ата, 1947.
5. Гольберт А. В. Основы региональной палеоклиматологии. – М.: Недра, 1987.
6. Чумаков И. С. Кайнозой Рудного Алтая. – М.: Наука,1965.
7. Государственный водный кадастр РК. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. - Книга 1. – Выпуск 1. Бассейны рек Иртыш, Ишим, Тобол (верхнее течение). – Алматы, 2002.
8. Гидрологические ежегодники рек бассейна Оби и Иртыша, 1954 -2012 гг. (Материалы фонда ВК ЦГМ).
9. Гета Р. И. Сток и водные ресурсы Черного Иртыша // Записки Усть-Камногорского филиала КГО. Сборник статей международной практической конференции, - Усть-Каменогорск: Шығыс ақпарат, 2011. – Вып. 5. – С. 88-95.
10. Гета Р. И., Логиновская А. Н., Ревякин В. С. О возможных экологических последствиях изъятия части стока Черного Иртыша // География и природные ресурсы.– Новосибирск: Изд-во СО РАН. - № 4. - 2002. – С.128-130.

© Н. И. Михайлова, А. Н. Логиновская, 2015

МЕТОДОЛОГИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА И КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЛЕСНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ИНТЕНСИВНО ОСВАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ*

Татьяна Анатольевна Лебедева

Отдел лесоведения Ботанического сада Уральского отделения РАН, 620026, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а, кандидат технических наук, инженер, тел. (343)234-06-80, e-mail: taranova@ukr.net

Екатерина Владимировна Шипилова

Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, ассистент кафедры геодезии и кадастра, тел. (343)257-25-47, e-mail: rector@ursmu.ru

Впервые рассмотрены научные подходы к обоснованию методологии и научно-технических принципов мониторинга и комплексной оценки лесных земель.

Ключевые слова: методология мониторинга, принципы комплексной оценки, лесные земли, интенсивно осваиваемые территории.

METHODOLOGY AND SCIENTIFIC AND TECHNICAL PRINCIPLES OF MONITORING AND INTEGRATED ASSESSMENT OF FOREST LANDS IN THE INTENSIVELY DEVELOPED TERRITORIES

Tatyana A. Lebedeva

Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Department of Forest Botanical Garden, 620026, Russia, Ekaterinburg, 202a March 8 St., Ph. D., tel. (343)234-06-80, e-mail: taranova@ukr.net

Ekaterina V. Shipilova

Ural State Mining University, Russia, 620144, Ekaterinburg, 30 Kuibyshev St., Assistant of the Department «Geodesy and Cadastre», tel. (343)257-25-47, e-mail: rector@ursmu.ru

First considered scientific approaches to the justification of the methodology and scientific and technical principles for monitoring and integrated assessment of forest lands.

Key words: methodology of monitoring, integrated assessment, forest lands, intensively developed territories.

Государственный мониторинг земель согласно «Земельного кодекса РФ» (статья 67) является частью государственного экологического мониторинга и представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получения достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородных почв.

Отметим, что получение достоверной информации о состоянии лесных земель и о прогнозировании их характеристик возможно при обязательном зна-

*Статья подготовлена при поддержке и в рамках гранта РНФ № 14-18-00564.

нии их прошлого состояния. Поэтому мониторинг лесных земель в общем виде представляет знание прошлого, настоящего и прогнозируемого состояния лесных земель.

Задачами мониторинга земель является:

- своевременное выявление изменений состояния земель, оценка и прогнозирование этих изменений, выработка предложений о предотвращении негативного воздействия на земли, об устранении последствий такого воздействия;
- обеспечение информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель органов государственной власти, органов местного самоуправления, юридических и физических лиц.

В зависимости от целей наблюдения мониторинг земель подразделяется на:

- мониторинг использования земель [2];
- мониторинг состояния земель.

В рамках мониторинга использования земель осуществляются наблюдения за использованием земель в соответствии с их целевым назначением.

В рамках мониторинга состояния земель осуществляются наблюдения за изменением количественных и качественных характеристик земель, оценка и прогнозирование изменений состояния земель.

Комплексная оценка лесных земель предполагает определение экономической значимости всей совокупности лесных благ: лесных ресурсов, средоформирующих и социальных функций лесов [1, 3, 4, 5, 6]. Отдельные подходы к оценке лесов были отражены в нормативных документах Рослесхоза (2000 г.) и Росземкадастра (2002 г.). Практическая реализация комплексного подхода к оценке лесных земель отдельных субъектов РФ (Свердловская, Пермская, Тюменская область, ХМАО-Югра, Красноярский край) была осуществлена институтом леса УрО РАН в 1999–2002 годах.

В настоящее время в соответствии с «Лесным кодексом РФ» (статья 95) оценка лесов (лесных земель) осуществляется в форме государственной кадастровой оценки лесных участков, где оцениваются только ресурсы древесины. Реализация Концепции устойчивого развития («Рио-92», «Йоханнесбург 2002, «Рио+20») и обеспечение экологической безопасности территорий во многом зависит от состояния окружающей природной среды и, главным образом, от состояния лесных земель.

Количественные и качественные характеристики лесных земель существенно изменяются на интенсивно осваиваемых территориях. Таким образом, в данный момент времени не существует чётко сформулированной научно-методической основы оценки всего эколого-экономического потенциала лесных земель. Выявлено, что при достаточной информационной базе по экологическим функциям лесных земель оценочные работы охватывают только первичный эффект – запас древесины на лесном участке. Установлено, что в практике оценочных работ по лесным землям не учитываются природные подзоны, размер и степень трансформации, уровень загрязнения и разрушения лесных почв, лесонасаждений; существующая информационная база по лесным землям

не отражает концепцию перехода от оценки лесных земель как используемого ресурса к идеологии их оценки как условия формирования благоприятной окружающей природной среды.

Проведение мониторинга и комплексной оценки лесных земель на интенсивно осваиваемых территориях требует обоснования соответствующей методологии и разработки научно-технологических принципов. Методология (СЭС, 1984, с. 795) есть учение о построении, формах и способах научного познания. Принципы (там же, с. 1057) – основные исходные положения теории.

Методология мониторинга и комплексной оценки лесных земель на интенсивно осваиваемых территориях состоит в:

- обосновании высшего приоритета сооружения и восстановления лесных земель (лесов) в реализации Концепции устойчивого развития территорий;
- учёте широкопространственных и долговременных последствий природо–земле–лесопользования.

Горная часть Среднего Урала более двух столетий являлась центром горнозаводской и лесоразрабатывающей промышленности Урала. И сейчас для неё характерна высокая насыщенность промышленного производства и плотность населения. Но вместе с тем горная часть Среднего Урала сохраняет и высокую облесенность территории, представляя на фоне густонаселенных урбанизированных предгорий настоящий зеленый остров, имеющий огромное климаторегулирующее, водоохранное, почвозащитное, санитарно-гигиеническое и социальное значение. Произраставшие здесь в прошлом девственные хвойные древостои к настоящему времени до 50% заменены условно-коренными, а остальная часть – производными лиственными насаждениями.

На низкогорье Среднего Урала в настоящее время соотношение различных видов лесного покрова примерно таково:

- первобытные (коренные) леса сохранились лишь на отдельных участках – менее 1% от общей площади лесного фонда; наиболее значительный их массив находится на территории Висимского заповедника [7];
- условно-коренные мелколиственно-хвойные – 26–30%;
- производные мелколиственные леса, не менее трети которых развивается по пути длительно-восстановительных смен, – 40–45%;
- вырубки и гари – 10%;
- послелесные луга – 5%.

Научно-технологические принципы мониторинга и комплексной оценки лесных земель на интенсивно осваиваемых территориях включают:

- фиксацию и сбор, накопление и систематизацию натуральных показателей трансформированных лесных земель в процессе 300-летнего промышленного использования их на Среднем Урале и представление информации в соответствии с административно-территориальным и природно-климатическим делением фонда лесных земель, экологическим состоянием растительности, почв, воды с учётом влияния накопленного вреда, особенностями экономического развития и социальных потребностей;

– обоснование и накопление экономических эквивалентов лесных земель по показателям ресурсов производных лесов на Среднем Урале, средоформирующих и социальных функций лесных земель на территориях длительного техногенного влияния, позволяющие достоверно оценить общественную (социальную, экономическую и экологическую) значимость участков лесных земель в широко пространственном и долговременном аспектах природо-земле-лесо-пользования;

– методическое обеспечение комплексной оценки лесных земель на основе учёта особенностей лесообразовательных процессов на горных и равнинных ландшафтах Среднего Урала и учёта фактора времени и правового статуса земельных участков, отражающих накопленные, существующие и прогнозируемые эколого-экономические и социальные особенности территорий и земле-лесо-пользования, полагающие дальнейшее интенсивное использование территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исаева Р. П. Анализ эколого-экономической оценки лесов Свердловской области // Сб. «Формирование лесного кадастра». – Екатеринбург. С 1995. – С. 38–41.
2. Крупинин Н. Я. Мониторинг развития лесного хозяйства на интенсивно осваиваемых территориях. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ. – 2009. – 236 с.
3. Лебедев Ю. В. Методология многоцелевого лесопользования в общей системе природопользования в регионе // Лесной журнал. – 1997. – № 8. – С. 65–74.
4. Лебедев Ю. В. Оценка лесных экосистем в экономике природопользования. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2011. – 574 с.
5. Макаренко Г. П. эколого-экономическая оценка водоохраной роли леса // Формирование лесного кадастра и системы плат / Екатеринбург. – 1996. – С. 17–21.
6. Туркевич И. В. Кадастровая оценка лесов. – М.: Лесн. пром-сть. – 1977. – 318 с.
7. Зонально-географические и типологические закономерности естественного возобновления в лесах Свердловской области / Б. П. Колесников, Н. А. Коновалов, Р. П. Исаева, Н. А. Луганский // Возобновление леса. – М.: Колос. – 1975. – С. 14–21.

© Т. А. Лебедева, Е. В. Шипилова, 2015

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЦЕЛОСТНОСТИ МАТЕРИАЛЬНОГО МИРА (ВСЕЛЕННОЙ)

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Николай Александрович Ярославцев

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, научный консультант, тел. (913)683-59-79, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Сформулированы мировоззренческие представления: о материи как об электромагнитных полях и излучениях, об информации атрибутивной и вербальной, формах-структурах, энергии, времени и пространстве. Электромагнитные взаимодействия являются универсальными на всех уровнях организации материи, и придают целостность окружающему нас материальному миру (Вселенной). Различного рода их характеристики и в первую очередь интенсивность и гармоника, являются главными носителями информации и первоначальной основой любых процессов. Сформулированы концепции эволюции материи и закономерное появление человека.

Ключевые слова: редукционизм, материя, электромагнитные поля и излучения, информация атрибутивная и вербальная, форма-структура, живая клетка, энерго-информационные взаимодействия, энергия, пространство, время, концепция.

CONCEPTUAL IDEA OF INTEGRITY OF THE MATERIAL WORLD (UNIVERSE)

Yuri S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Doctor of Agricultural Sciences, Professor Department of Ecology and Environmental Sciences, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Nikolai A. Jaroslavtsev

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, scientific adviser, tel. (3812)348-369, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

World outlook representations are formulated: about a matter as about electromagnetic fields and radiations, about information attributive and verbal, forms structures, energy, time and space. Electromagnetic interactions are universal at all levels of the organization of a matter, and give integrity to the material world (Universe) surrounding us. Their different characteristics and first of all intensity and harmonicas, are the main data carriers and an initial basis of any processes. Concepts of evolution of a matter and natural appearance of the person are formulated.

Key words: reductionism, matter, electromagnetic fields and radiations, information attributive and verbal, a form structure, living cell, power-information exchanges, energy, space, time, the concept.

Сегодня люди, создав науку, начинают понимать, что живем мы в очень сложном мире: от микромира до необъятных космических пространств, где

господствуют элементарные частицы материи, атомы, молекулы, живые клетки, кристаллы, планеты, звезды и многое-многое другое, что мы называем Вселенной. Повсюду наблюдается эволюция, т. е. действие определенных законов, различные сходства сложных процессов взаимодействия материи как на атомно-молекулярном, так и космическом уровнях, или так называемая инвариантность. Точнее – подобие различных систем и их фрагментов в масштабах Вселенной во времени и пространстве, что сегодня называется фрактальностью. К сожалению, редукционизм как основополагающий принцип, а фактически методология науки, господствующий в науке уже более двух тысяч лет и порожденные им многочисленные научные методы во многом подменили наши представления о реальном мире, где эволюция материи, её сложные системы и явления в окружающем пространстве (Вселенной) остались как и прежде, на абстрактных, математически описываемых моделях, где рациональные числа и представления заменены иррациональными и т.д. [4,9-11,17-19,21-23,26]. То есть, материя от дискретного математического представления (состояния) переходит от единицы к математической бесконечности. Существование Вселенной, поведение частиц, атомов и молекул, различных электромагнитных излучений и полей (ЭМИ, ЭМП), радиоактивных атомов и молекул с вероятностным описанием процессов напоминает некую математическую игру с переборами типа пасьянса.

Но ведь мы материальны и реальны. Конечно, от этой реальности можно отказаться, уйдя в иллюзорный мир. Но подобная инсинуация только унижает и оскорбляет нас и науку, которую породило наше самосознание. Кризис современной методологии очень серьёзен, так как он связан с отсутствием чётких ответов о том, что такое материя и как она эволюционирует, каково происхождение жизни, что представляет целостная естественнонаучная картина мира? Это связано не с отсутствием ответов на эти вопросы у современной науки, а с тем, что в одиночку эти вопросы не осилить даже гению, а для создания коллектива для этой проблемы нет политической воли у сильно дифференцированной и чрезвычайно корпоративной современной науки. В то же время отсутствие внятных ответов на эти вопросы сдерживает развитие науки и Человечества в целом, так как это имеет прямое отношение к мировоззрению не только ученых, но и простых людей, методологии самой науки и формированию целостной естественнонаучной картины материального мира (ЦЕНКММ) [10,12-15, 17-19,23,26-30].

Цель статьи – обозначить путь выхода из мировоззренческого и методологического кризиса непонимания эволюции материи, целостного естественнонаучного представления картины материального мира, появление и эволюция живой материи до самосознания.

Задача чрезвычайно трудная. С чего следует начать? Думается с формирования на уровне современных естественнонаучных знаний развития материи её энерго - и информационной основы.

Следя за развитием науки на протяжении последних 45 лет, мне не без помощи моих коллег [3,12-16,24], на основе анализа достижений физики, биоло-

гии, химии, генетики, селекции, геологии и др. [1,4,5-8,18,19, 21-23,25-30 и др.] удалось сформулировать основные концептуальные положения, отражающие целостное представление о развитии окружающего нас материального мира и закономерном появлении в процессе эволюции материи живой её формы, на вершине которой стоит человек (*Homo sapiens*) с его самосознанием, породившим науку [12-16].

В основе наших представлений о материи лежит её электромагнитное состояние, а также предлагаемые нами подходы к расширению понимания универсальности электромагнитных взаимодействий на всех уровнях организации материи, на энергоинформационной основе, придающих целостность окружающему нас материальному миру (Вселенной) [12-16,18,19,24-30].

Начнем с представлений, что же такое информация и энергия. Эти термины и понятия необходимы, они характеризуют окружающий нас материальный мир, дают основу всех взаимодействий материи в процессе её эволюции и характеризуют все уровни её организации. Без них мир безлик и непонятен. Появление данного материала вызвано необходимостью изложить свои взгляды на такие научные, фундаментальные понятия как информация, энергия, а также время и пространство, которые с позиций рассмотрения существования материи, основой которой являются электромагнитные взаимодействия, представляют собой единое целое, отражающие различные уровни её организации. Это связано ещё и с тем, что существующие сегодня представления о них весьма расплывчаты, метафоричны, а часто неопределенны. Это вызывает путаницу и явную методологическую несостоятельность. В конечном счете, это нарушает концептуальный методологический подход, который предполагает *целостное* восприятие окружающего мира на всех уровнях иерархий строения материи. Материальным носителем, субстанцией, на наш взгляд, придающей *целостное* или внутренне единство всех объектов Вселенной, могут быть электромагнитные поля и излучения (ЭМП и ЭМИ). Важно то, что полевая форма материи, формирующая электромагнитные взаимодействия, способна обеспечивать пространственно-временные и энергоинформационные связи между различными уровнями организации эволюционирующей материи. Их можно и нужно рассматривать как пример атрибутивных информационных взаимодействий. Относительно понятия энергия заметим, что согласно Советского энциклопедического словаря (СЭС, 1985, с. 1545), это – "общая количественная мера различных форм движения материи".

Сегодня многие считают субъективным понятие *информация*, которую подчёркивали в недавнем прошлом многие виднейшие учёные, в частности А.Н. Колмогоров: "информация есть характеристика *не сообщения* (курсив наш), а соотношения между сообщением и его потреблением. Без наличия потребителя *информации* (курсив наш), хотя бы потенциального, говорить об информации бессмысленно". В связи с этим существует представление о несводимости понятий энергии и информации, т.е. энергия – атрибут материи, информация – вербальная составляющая сознания.

В то же время с позиций эволюции материи информация неотделима от материальной формы любого уровня, поскольку всякая форма имеет структуру, отличную от структур других форм материи. Это свойство отражено в собственной частоте колебаний каждой формы материи и наиболее четко может быть проиллюстрирована на примере существования различных электромагнитных спектров элементов таблицы Д.И. Менделеева. Формы-структуры в виде неразрывного сочетания электрического и магнитного диполей, формируют электромагнитные поля любых объектов, что позволяет им взаимодействовать на принципе резонанса. При этом всегда существует избирательное информационное взаимодействие различных форм материи. Предполагается, что сообщество форм материи основано на голографическом принципе [29,30]. И переход одной формы материи в другую (атомы в молекулы, молекулы в макромолекулы, в сложные химические вещества, минералы, звезды в планеты и др.), есть ничто иное, как процесс, обусловленный информационным взаимодействием, её атрибутом на электромагнитной основе.

Необходимо остановиться на определении термина информация, в научной литературе [20-22] фигурирует более 200 его определений). Например, при передаче информации техническими средствами принято считать, что, "информация – это структурное изменение или модуляция по закону кодирования постоянного высокочастотного сигнала по всем или выборочным его параметрам: амплитуде, фазе, частоте, длительности импульсов или частоты их следования. Благодаря этому, например, каждый владелец мобильного телефона, который является и приёмником и передатчиком электромагнитных волн, способен принимать или передавать сведения информационного характера.

Согласно [20] новому философскому словарю [20, НФС, с. 431], "информация (Informatio лат.) – разъяснение, изложение, осведомлённость – одно из наиболее общих понятий науки, обозначающих некоторые сведения, совокупность каких либо данных, знаний и т.п." То есть, в основе фигурируют только некоторые данные, которые связаны с сознанием или знанием человека. При этом рассматривается "определённая совокупность процессов отражения внешнего мира и внутренней среды системы путём отбора, накопления, переработки соответствующих сигналов и т.д." Далее, в том же источнике [20, с. 432] указывается, что "информация, встав в один ряд с такими фундаментальными категориями как материя и энергия превратилась в необычайно широкое понятие и продолжает раскрываться всё шире и глубже. Согласно [20, НФС, с. 432], "В зависимости от области исследования, информация имеет множество определений: – обозначения содержания, полученного от внешнего мира (Н. Винер); отрицание энтропии (Бриллюэн); коммуникация и связь, в процессе которой устраняется неопределённость (К. Шеннон); передача разнообразия (Э. Ушби); мера сложности структур (А. Моль)". И далее "каждое из этих определений имеет ту или иную грань многоаспектного понятия информации как *меры неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени, которые сопровождают все протекающие в мире процессы*".

Более того, в [20, НФС, с. 432], указано, что "в философии более трёх десятилетий сосуществуют два различных подхода, две противостоящие друг другу концепции. Информация может быть как атрибутивная, так и функциональная. Атрибутивная информация трактуется как свойство всех материальных объектов, т.е. как "*атрибут материи*" (курсив наш). Функциональная концепция, напротив, связывается с информацией, лишь с функциональных позиций самоорганизации самоорганизующихся систем", т.е., *вербально*, или с участием сознания человека. "Вследствие этого, их (две концепции) можно рассматривать в единстве ..." Мы полагаем не только можно, но и необходимо рассматривать их именно в единстве, как целостную систему, так как атрибутивная информация является универсальной категорией, включает в себя вербальную (продукт работы мозга), являясь при этом одной из составляющих полевой формы материи.

Мы (Н.А.Ярославцев, Н.В. Петров, Ю.С. Ларионов, А.А. Косов, С.М. Приходько) [2,12-16,24] предлагаем ввести новое понятие в определение термина "информация" основой которой является обобщающее понятие - "формы-структуры" как в атрибутивном, так и в вербальном значении. Разберём подробнее эту позицию. С точки зрения информации как атрибута материи, можно привести пример преобразований атома углерода, как формы-структуры определенной иерархии. Сам же углерод как атом имеет двойственную природу, одновременно являясь формой и структурой: структурой состоящей из протонов, нейтронов, электронов и формой для более сложных молекулярных структур. Он может быть в виде аморфного графита (сажи), алмаза – сложная структура модифицированного углерода в форме кристалла (отличается высокой твёрдостью), фуллеренов (сложных структур, состоящих из 60 атомов углерода C^{60}), обладающих особыми фильтрующими свойствами, углеродных нанотрубок (размерами в несколько микрон), по свойствам близким к металлам и последнего достижения науки – графена, в виде атомного монослоя углерода, связанного гексагональной структурой в плоскости, который обладает особыми свойствами проводимости.

Гексагональные структуры встречаются в различных формах организации материи: кристаллах, вирусах, живых клетках и этот ряд можно продолжить, что вероятно является одним из принципов самоорганизации материи.

Таким образом, *форма* (атом углерода) представляет собой определенное атрибутивное состояние материи и обладает возможностью создавать различные *структуры*, которые имеют совершенно разные свойства. Это означает, что термин "информация атрибутивного уровня" является корректным применительно к любым процессам преобразования материи. А термин – "форма-структура" является необходимым и достаточным условием описания конкретного состояния материи и эволюции её атрибутивных информационных свойств на разных уровнях организации и взаимодействия. Таким же образованием, в виде формы-структуры, следует рассматривать и самосознание (нервные клетки, мозг человека), на уровне иерархически усложняющихся форм-структур информационной составляющей эволюционирующей живой материи, на основе эволюции сложной биологической системы – клетки. Наши рассуж-

дения основаны на знаниях об управляющей роли слабых и сверхслабых электромагнитных взаимодействиях (низкой и сверхнизкой интенсивности).

Остановимся на определении термина "информация", которое позволяет понять эволюцию материи на различных уровнях её организации.

Информация – есть динамическая, системная совокупность форм-структур эволюции материи, атрибут определяющий её состояние на различных уровнях иерархии. Изменения форм-структур приводит к информационным изменениям. Следствием этого является изменение физического состояния среды, процессов, объектов, сознания человека и т.д.

Если информацию понимать как меру неоднородности распределения материи и энергии в пространстве и времени, то её можно представить в следующем виде. Электромагнитные излучения и электромагнитные поля – это полевая форма материи, объединяющая электрические и магнитные диполи, образующие квадруполь, который можно оценивать как "форму-структуру" и роль дефиса здесь состоит в том, что он подчёркивает их неразрывное единство.

Опираясь на сформулированный термин "информация", считаем необходимым уточнить физическое понятие и определение термина *энергия*. Согласно логике наших рассуждений, ЭМИ и ЭМП являются полевой формой материи, обладающей набором иерархически выстроенных форм-структур. И в своей основе материя имеет электромагнитную природу. Одновременно, можно сказать, что *материя*, как субстанция и её формы-структуры, которыми она обладает, согласно известных физических представлений, *является сама по себе информацией атрибутивного уровня и основой информационных взаимодействий материальных систем.* Исходя из этого, любые преобразования форм-структур материи являются мерой её движения или *энергией* в общепринятом смысле (вербальном) в котором её принято оценивать. Согласно (СЭС, 1985 с.1545) "*Энергия – общая количественная мера различных форм движения материи*". Следует обратить внимание на понятие формы движения в этом определении, так как любая форма материи не отделима от информации. То есть энергия внутренне неотделима от информации на атрибутивном уровне. Исходя из этого любые преобразования форм-структур являются мерой движения и переходов одних форм-структур в другие на различных уровнях организации материи.

Энергия, как "мера движения", включает в себя несколько характеристик (скорость, время, пространство), которые характеризуют интенсивность или скорость преобразования форм-структур материи. Мера движения (скорость) может быть различна. Например, скорость разложения биологической материи (гниение), горение горючих материалов, взрыв динамита, атомный взрыв являются примерами структурно-фазовых превращений из исходного (активного) состояния в неактивное или протекать в противоположном направлении. Это означает, что структурно-фазовые превращения резко замедляются или "останавливаются". В целом, это представляет сложное преобразование форм-структур материи, что в излагаемом контексте является информационным взаимодействием или информационным преобразованием атрибутивного уровня. Можно предположить, что концептуально уровень таких взаимодействий,

может выступать как критерий всех известных взаимодействий. Это обеспечивает восприятие окружающего мира, как целостного образования, в котором динамические процессы преобразований форм-структур (любые эволюционно существующие формы материи - космофизико-химическая, геохимическая и биохимическая во Вселенной) бесконечны, что подчёркивает вечность материального мира. И такой подход позволяет, в рамках сегодняшних научных представлений, выстроить целостную картину материального мира и полную сводимость терминов "энергия" и "информация" в категориях атрибута материи и подчеркнуть корректность термина "*энергоинформационные взаимодействия*" и, как их эволюционное усложнение, "*биоэнергоинформационные взаимодействия*". При этом информационные и вещественные уровни организации эволюционирующей материи осуществляются на матричном принципе, что не требует дополнительных информационных систем для "запоминания" процесса при эволюции и формировании различных организационных видов материи или их размножении[12-15,18,19].

Представление о времени и пространстве в понимании концепции целостного восприятия окружающего нас материального мира в непрерывном эволюционном процессе является, методологической основой научного мировоззрения, так как позволяет определить (оценить) и такую фундаментальную категорию материи как "*время*" и "*пространство*" с других позиций в контексте развиваемых идей, категория *время* может быть определена следующим образом. *Время - это интервал(ы) различной длительности между эволюционирующими состояниями материальных форм-структур, в результате системных превращений и динамических преобразований на любых уровнях организации материи.* В общих представлениях об организации эволюционирующей материи, пространство выступает как связующее звено различных её форм-структур на всех уровнях информационной иерархии материи.

В известных физических представлениях связь между пространством и временем принято обозначать как "пространственно-временной континуум". Данным термином показывают неотделимость (внутреннее единство), которое представляет собой целостное образование материального мира[13,18-20].

При этом *энергия* как мера движения, в результате различной интенсивности (скорости) преобразования форм-структур осуществляемая в пространстве и времени, также является неотъемлемой составляющей пространственно-временного континуума. В результате, существующее представление о времени и пространстве, как о "пространственно-временном континууме" и роли энергии в нём, приобретает более ясный физический смысл и выступает как мера состояния иерархического уровня динамических преобразований эволюционирующих информационных систем материи в её единстве. Как было показано выше, материя имеет также формы-структуры различной иерархии и фактически является информацией атрибутивного уровня. И так наши термины: *энергия* – это мера движения, скорость преобразования форм-структур материи имеющей заряд и массу; *время* – это интервал(ы) различной длительности между эволюционным состоянием материальных форм-структур в результате их системных

превращений (взаимодействий) и динамических преобразований; *пространство* – это переход материи в свое плазменное (первоначальное) состояние. Откуда начинаются и заканчиваются все процессы эволюции материи.

Таким образом, вводя термины "информация", "энергия", "время" и "пространство" в предлагаемых формулировках, основанных на их материальном единстве, мы можем говорить о целостности материального мира. А на основе этого формулировать и развивать концепции естествознания. При этом мы видим, что материя на всех уровнях своей организации проявляет двойственность и внутреннее единство. В целом это позволяет говорить о выработке подходов к формированию новой парадигмы в научном познании материального мира [13,18,19].

Развиваемые представления о состоянии и эволюции материи, позволяют, на наш взгляд, уменьшить неопределённость в понимании ключевых понятий: "информация", "информация атрибутивная", "информация вербальная", "энергоинформационные взаимодействия", "информационная энтропия атрибутивного уровня", пространство, время, энергия и др. Предложенные формулировки позволяют придать этим понятиям более ясный физический смысл и послужить поводом для обсуждения не только, например, в философии, астрономии, физике, химии, экологии, биофизике, биологии, медицине и мн. др. науках, но и таких направлениях прикладных исследований как геоэкология жилого дома, геомагнитное состояние окружающей среды и управление продуктивностью сельскохозяйственных растений и животных, которые напрямую связаны с экологической ролью электромагнетизма, как основного внешнего фактора жизни. Возможно эти представления дискуссионны, но они, по нашему мнению, позволяют четко сформулировать концепции и наметить пути развития целостности материального мира на единой материальной энергоинформационной основе [12-14].

Концепции современного естествознания и эволюции материального мира

На основе общего системного и концептуального уровня эволюции материи и выявляемом единстве "информации", "энергии", "времени" и "пространства", обобщающей аксиомы биологии и подходов к созданию целостной естественнонаучной материальной картины мира, на основе представлений об эволюции материи от космофизико-химического и геохимического до биохимического её уровней по круговороту, нами разработаны, обоснованы и сформулированы концепции современного естествознания в рамках перехода биосферы в ноосферу, без которых не возможно формирование мировоззрения человека об окружающем мире. Концепции эволюции материи в её различных формах организации и функционировании:

1. Концепция целостности материального мира.

Мир материален и целостен. В основе его лежит материя в виде электромагнитных полей и излучений различных длин волн, частот их гармоник и мощностей (интенсивности) и др. признаков. Эти излучения является основным носителем материи и информации на атрибутивном уровне (изначальной, при-

сущей любой форме материи), выполняющих во времени и пространстве информационную, энергетическую, структурную и в конечном итоге организующую функцию всех форм материи.

Материя это саморазвивающаяся и самовозобновляемая субстанция на всех уровнях организации и иерархии её состояния. При взаимодействии организационно-различных уровней материи роль "памяти" (поля) выполняет магнитный диполь, а чувствительная оболочка (рецептор) представлена электрическим диполем, входящим в электромагнитное излучение. Каждому уровню эволюции материи соответствует своё информационное состояние, которому присуще соответствующее состояние материи. Такие информационные состояния связаны по законам иерархии и фрактальности (матрица). Это обеспечивает целостное состояние материального мира на микро, макро и мегауровнях.

2. Концепция эволюции материи (уровни организации материи – космофизико-химическая, геохимическая и биохимическая).

Материя находится в бесконечном круговороте эволюционируя от космофизико-химического, геохимического до биохимического уровней на основе информационного взаимодействия от атрибутивного до вербального уровня. При этом вербальная информация (самосознание человека, как высшая форма эмерджентности информационных систем) является составляющей атрибутивного состояния материи, которую необходимо рассматривать как первичную. Оно включает элементарные единицы материи, их взаимодействие и формирование на этой основе всех космических тел, химических элементов, минералов, сложных химических молекул до самовоспроизводящихся макромолекул, а на уровне живой клетки – биохимического взаимодействия.

3. Концепция информационной организации материи.

Информационные уровни организации материи иерархичны и представляют из себя динамичные структурно-фазовые состояния с конечными дальнейшими превращениями (эмерджентностью их систем) от космофизико-химического, геохимического до биохимического уровней в общем круговороте материи. Вершина её эволюции и организации является самосознание, в основе которого лежит элементарный уровень её организации – аттрактор, элементарная единица информации.

В элементарной единице живой материи – клетке существует своя иерархическая система аттракторов. Элементарная единица материи является одновременно и элементарной единицей информации, что объясняет существование главенствующего принципа в организации материи - матричного. Эволюция информации проявляется в различных формах материи и реализуется от атрибутивного уровня к вербальному (самосознанию) уровню, являясь основой самоорганизации живой материи. Деграция информации ведет к разрушению живой материи и перехода её на более низкий атрибутивный уровень.

Круговорот материи и её элементарный уровень базируются на электромагнитной квадрупольной структуре организации и осуществляется первоначально как эволюция информации на атрибутивном уровне, это является осно-

вой осуществления космофизико-химических, геохимических и биохимических процессов в окружающем мире.

4. Концепция эволюции живой материи.

Эволюция живой материи базируется на эволюции клетки от самовоспроизводства (матричный принцип), самоорганизации до самосознания. Она обусловлена электромагнитными информационно энерго-термодинамическими процессами. И проявляется через управляющую роль самовозобновляемых молекул ДНК, которая представляет эмерджентную специфическую форму информации живой материи в форме (системы) клетки и отражает собой заключительный этап в биохимической эволюции материи. Биохимическая эволюция материи характеризуется смертью живой материи (деградацией и гибелью) и возвратом на более низкий атрибутивный информационный уровень, т.е. на геохимический и космофизико-химический уровень организации материи.

5. Концепция эволюции клетки или эволюция клетки

как элементарной единицы живого и носителя её информации.

Клетка является целостной элементарной единицей фенотипа живого, хранителем и координатором его генетической программы. Она эволюционировала в живых организмах до самовоспроизводства, самоорганизации и самосознания у вида *Homo sapiens*. Клетка стоит на вершине биохимической эволюции материи. Вербальная форма информации это самосознание самой эволюционирующей материи, оно выступает как высшая форма эволюции её атрибутивной информации. Она показывает место и роль человека в эволюции материи [12-15].

Таким образом, сформулировав концепции эволюции материи в её различных формах организации и функционировании, мы создаем фундамент нашего мировоззрения, так как показываем, что они связаны, точнее, обусловлены, эволюцией информационных систем. На основе этого тот кризис мировоззрения, который сложился в современных научных представлениях и в первую очередь в отсутствии в естествознании четко выверенных концепций об основных уровнях организации и взаимодействии материи, её эволюции на вещественном (уплотненная материя) и информационном уровнях (разреженная материя - ЭМИ и ЭМП слабой интенсивности) сильно тормозит развитие науки, может быть сегодня успешно разрешен. На основании этого представляется реальным создание целостной естественнонаучной картины материального мира, определение (хотя ещё достаточно гипотетически) места и роли в этом мире (Земля, Вселенная) Человека сегодня и в будущем, как уникального материального, эволюционного, космического создания.

В ближайшем будущем это может помочь в формировании человеческого общества по пути создания ноосферы, не говоря уже о политических и социально-экономических аспектах его развития.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров, В.В. Экологическая роль электромагнетизма / В.В. Александров. – СПб.: Изд. Политехн.ун-та, 2010. – 736 с.

2. Барабанов, А.А., Косов, А.А., Ярославцев, Н.А. Влияние энергетических форм природы на жизнедеятельность человека / Академический вестник УралНИИпроект РААСН, № 1, 2010, с. 91-96.
3. Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 144 с.
4. Бугакова Т. Ю. Вовк И. Г. Математическое моделирование пространственно-временного состояния систем по геометрическим свойствам и оценка техногенного риска методом экспоненциального сглаживания // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 47–58.
5. Бурлаков А. Б., Перминов С. В., Капранов Ю. С., Куфаль Г. Э. Влияние на стабильность солнечно – земных связей экспериментов по активному воздействию на магнитосферу Земли. Сб. Этика и наука будущего. Разум и биосфера. М.: Изд. «Дельфис» Ежегодник, 2007. – С. 57-65.
6. Галль, Л. Н. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: Новый взгляд на природу жизни. 2009. – 317 с.
7. Гуревич И. М. Оценка основных информационных характеристик Вселенной / Приложение к журналу "Информационные технологии" № 12. М: Изд. ООО "Новые технологии", 2008, с. 2-17.
8. Егоров В. В. Физические поля и излучения организма (на примере человека). Проблемная лекция. – М.: ФГОУ ВПО МГАВМиБ, 2008, 64с.
9. Карпик А. П., Осипов А. Г. Мурзинцев П. П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе. – Новосибирск: СГГА, 2010. 279 с.
10. Ковалев А. П., Откидач В. В., Джура С. Г. На пути к новой синтагме. Сб. Этика и наука будущего. Разум и биосфера. – М.: Изд. «Дельфис» Ежегодник, 2007. – С. 4 - 9.
11. Креймер М. А. Построение методологии научного познания // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – 88–104.
12. Ларионов Ю. С. Концепции целостности эволюции материального мира / Н.А. Ярославцев, С.М. Приходько, Е.В. Екимов // сборник научных трудов VI Международного Конгресса "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине". – СПб., 2012. – С. 268-269.
13. Ларионов Ю. С. Основы эволюционной теории (Концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи): учеб. пособие. – Омск: ИП Скорнякова Е.В., 2012. – 233 с.
14. Концептуальные основы целостной естественнонаучной картины материального мира / Ю. С. Ларионов, В. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, Н. М. Приходько // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 111–125.
15. Ларионов Ю. С., Ярославцев Н. А., Приходько С. М. Атрибутивная и вербальная информация как универсальное единое электромагнитное свойство всех материальных объектов в биосфере и вселенной // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 135–142.
16. Оценка воздействия естественного электромагнитного фона на рост растений в трёхмерном пространстве на основе 3Д визуализации / Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов, О. Г. Марков, Е. Г. Паничев // Вестник СГГА. –2014. – Вып. 2 (26). – С. 62–76.
17. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. – 650 с.
18. Петров Н. В. Живой Космос. – СПб.: ООО "Береста", 2011. – 420 с.
19. Петров Н. В. Витакосмология. – СПб.: ООО "Береста", 2013. – 388 с.
20. Семенов О. И. Информация. Новейший философский словарь / Сост. и гл. науч. ред. А.А. Грицанов. – 3-е изд., испр. – Мн.: Книжный дом, 2003. – С. 431-434.

21. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. Пер. с англ. – М.: Ком Книга, 2005. – 248 с.
22. Чернавский Д. С, Синергетика и информация (динамическая теория информации) / Д.С. Чернавский. – 2-е изд. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.
23. Якимова Н.Н. Красота иерархии. Сб. Этика и наука будущего. Разум и биосфера. М.: Изд. «Дельфис» Ежегодник, 2007. – С.149-150.
24. Ярославцев Н.А. О существовании многоуровневых ячеистых энергоинформационных структур. Монография – Омск: Омский гуманитарный институт, 2005 г., – 184 с.
25. Bohr, N., Atomic Physics and Human Knowledge. New York: John Wiley & Sons, 1958.
26. Capra, Fritiof, The Tao of Physics. An Explorations of the Parallels Between Modern Physics and Eastern Mysticism, Berkli, 1982.
27. Goleman, Daniel, “Holographic Memory: Karl Pribram Interviewed by Daniel Goleman”, Psychology Today 12, no. (February 1979), p.72.
28. Heisenberg, W., Physics and Beyond, New York: Harper & Row, 1971.
29. Talbot, Michael, The Holographic Universe , Harper Collins Publishers, 1995, p. 410.
30. Pribram, Karl, Languages of the Brain (Monterey, Calif.: Wads worth Publishing, 1977), p. 123.

© Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, 2015

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФОНА НА ОСНОВЕ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Олег Геннадьевич Марков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, дипломник кафедры экологии и природопользования, тел. (913)919-83-04, e-mail: ignotus@ngs.ru

Николай Александрович Ярославцев

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, научный консультант, тел. (913)683-59-79, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Сергей Михайлович Приходько

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, инженер, тел. (3812)348-369, e-mail: ivolqa-x3@mail.ru

Евгений Владимирович Екимов

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, директор, тел. (3812)348-369, e-mail: ekimov1971@mail.ru

Евгения Ивановна Баранова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: evg.dxn@yandex.ru

Экологическая роль фоновых электромагнитных излучений низкой и сверхнизкой интенсивности в формировании геофизического ландшафта недостаточно оценивается в геоэкологии как дополнительный фактор внешнего воздействия. Построение графических моделей геофизического рельефа позволяет на основе трёхмерной 3D визуализации обеспечить наглядность их роли и степени воздействия в формировании общей морфологии рельефа местности, в частности по растительным покровам.

Ключевые слова: геоэкология, электромагнитный фон, геофизический рельеф, фитоиндикация, компьютерная программа, модель.

SIMULATION OF THE STATE OF NATURAL ELECTROMAGNETIC BACKGROUND BASED ON 3D VISUALIZATION

Yuri S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Doctor of Agricultural Sciences, Professor Department of Ecology and Environmental Sciences, tel. (383)351-19-24, e-mail: larionov42@mail.ru

Oleg G. Markov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., graduate student, Department of Ecology and Environmental Sciences, tel. (913)919-83-04, e-mail: ignotus@ngs.ru

Nikolai A. Jaroslavtsev

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, scientific adviser, scientific adviser, tel. (3812)348-369, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Sergey M. Prikhodko

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, scientific adviser, an engineer, tel. (3812)348-369, e-mail: ivolqa-x3@mail.ru

Evgeny V. Ekimov

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, scientific adviser, director, tel. (3812)348-369, e-mail: ekimov1971@mail.ru

Evgeny I. Baranova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: evg.dxn@yandex.ru

The ecological role of background electromagnetic radiation of low and ultra-low intensity in the formation of geophysical landscape insufficiently evaluated in Geoecology as an additional externality. Construction of graphic models of geophysical relief on the basis of three-dimensional allows 3D visualization to provide visibility of their role and impact in shaping the general morphology of the terrain, in particular vegetation.

Key words: geoecology, electromagnetic background, geophysical relief, phytoindication, computer software, model.

Биосфера, в её эволюционном развитии, является целостной сложноорганизованной информационной средой, формирующей объекты в её составе, которая поддерживает своё состояние и неразрывную связь, протекающих в ней процессов на основе космоземных связей различной иерархии "по вертикали" и организации "по горизонтали". Такие связи могут быть явно не проявлены, часто носят скрытый или имплицативный характер и, вследствие этого, затруднены для вербального восприятия, например геоэкологии и геоинформатики. На атрибутивном уровне, "языком общения" в материальном мире являются электромагнитные излучения и сформированные ими поля различных характеристик. Они обладают определённой возможностью избирательного (селективного) взаимодействия на основе резонансных явлений, оказывая корректирующую роль.

Современные исследователи, [3, 7, 11–13], распространили такие методологические подходы на геоинформационный анализ форм рельефа при изучении пространственной структуры ландшафтных комплексов фитоценозов по их геометрическому строению, как образований надорганизменного уровня, вклю-

чая морфологические изменения состояния, например, травянистых и древесных растений.

Оценка геометрического строения растений и их морфологии органично вписывается в понятие морфологии рельефа местности в категориях его пластичности, формируемой, в том числе, растительными объектами [3,7,10-12]. Такой методический подход изучения пространственной структуры природных комплексов различных масштабов может обладать большой прогностической ценностью в различных направлениях исследований, например в экологии, биологии, сельском хозяйстве и т.п.

Представление земной поверхности в виде цифровых моделей рельефа средствами географических информационных систем (ГИС) существенно расширяет возможности анализа рельефа [3, 7,10-12]. В тоже время анализ вклада электромагнитных излучений любой территории в те или иные процессы требует методических подходов с оценкой его количественной характеристики [10–12].

На основе этого, сегодня, представляется возможным путем создания специальных компьютерных программ в виде определенного алгоритма (автор С.М. Приходько), основанного на общепринятых принципах и схемах передачи информации, но с некоторыми существенными отличиями, обеспечить прямое энергоинформационное воздействие сверхслабых полей на биологические объекты [1-10]. При необходимости, такой алгоритм, собранный в импульс дополняется информацией об объекте воздействия, в данном случае – определённого вида растения, с указанием координат его расположения на локальных территориях в системах "Глонасс" или "GPS".

Программа активируется в заданный (выбранный) интервал времени действия, для обеспечения энергоинформационного контакта с объектом, и выполнении определённых целей и задач, например, для выращивания сельскохозяйственных культур. Мы специально употребляем термин "энергоинформационный контакт с объектом", а не термин "воздействие на объект" в виду того, что этот термин очень схематичен и не отражает сути явления, хотя часто употребляется.

Для установления электромагнитной пестроты геодезически ровной модельной площадки размером 1,5 x 1,5 метра, было проведено деление её на 225 ячеек, размером 10 x 10 см, а для ликвидации почвенной пестроты на данной площадке, т.е. для чистоты эксперимента, в течение семи суток, семена проращивались в водной среде в каждой ячейке. Всего выращивалось 13 500 проростков семян пшеницы [7].

В качестве оцениваемого признака использовалась средняя длина ростка проростков пшеницы с последующим расчетом скорости роста. Достоверные различия между средними составляют $\pm 0,3 \dots 0,5$ см. Достоверность их средних данных в каждой из 225 ячеек определялась с помощью дисперсионного анализа.

Визуализация геофизического рельефа в эксперименте потребовала поиска метода построения 3D графиков. Графические модели состояния геофизического рельефа, построенные по показателям вариаций средней скорости роста про-

ростков семян пшеницы, по сути, являются проекцией уровня напряженности электромагнитного поля в локальных точках рельефа. Фактически, такие точки формируют трёхмерное "облако". Двумерное построение моделей не дает наглядного представления о состоянии электромагнитных полей в заданной области.

Нами опробованы методы построения 3D графиков в MS Excel и MathCAD, различных САПР и программах трехмерного моделирования, работающие с облаком точек. Основная проблема связана с интерполяцией для сглаживания графиков. По умолчанию эти программы не поддерживают интерполяцию, и функции интерполяции необходимо писать самостоятельно. Доступные алгоритмы не дают должной наглядности. По сути, на выходе нужно было получить проекцию состояния геофизического рельефа только в ином информационном пространстве, а используемые программы предназначены совершенно для иных целей. Соответственно требовалась программа моделирования геофизического рельефа, в которой функции интерполяции соответствовали бы принципам образования геосинклиналей. При изучении таких программ было найдено практически идеальное решение – программа "Surfer" от Golden Software.

"Surfer" является полнофункциональным 3D визуализатором контурного и поверхностного моделирования, который работает под управлением Microsoft Windows. "Surfer" широко используется для моделирования местности, батиметрического моделирования, визуализации ландшафтов, анализа поверхности, контурного картографирования, водоразделов, 3D отображения поверхности и др.

За основу принимались двумерные матрицы показателей скорости роста в локальных точках заданного пространства, где X и Y соответствовали координатам ячеек с растениями, а Z соответственно – скорость роста. Далее в MS Excel матрицы преобразовывались в линейную структуру со столбцами XYZ. Эти линейные таблицы использовались в качестве исходных данных для построения сеток в "Surfer". Готовые сетки использовались для финишного моделирования трехмерных рельефов, изолиний, карт теней, и карт высот в натуральном масштабе 1:1.

Таким образом, визуализация геофизического рельефа в эксперименте потребовала поиска метода построения 3D графиков. Графическая модель состояния на рис., отчётливо представляет сложное сочетание показателей по средней скорости роста растительных тест-объектов, которое выражено в виде "пиков" и "впадин" хаотичного расположения. Это можно оценивать, как высокую неравномерность состояния геофизического пространства по показателю "электромагнитный фон".

Фитоиндикация геофизического пространства на локальных модельных площадках показала, что геофизическое пространство неоднородно и вызывает различную скорость роста и развития растений. Такую неравномерность можно визуально представить на графических моделях его состояния, при оценке геоинформационного рельефа, по критерию электромагнитного состояния окружающего пространства, отражаемого живым объектом (растением), интегрирующим совокупность электромагнитных излучений, включая их гармоника.

Преимущество фитоиндикации связано с тем, что существующая измерительная техника не позволяет чётко выделить полезный (искомый) сигнал в связи с присутствием большого количества помех в интервале низкой и сверхнизкой интенсивности фоновых электромагнитных излучений. Это позволяет более полно выполнять экологический мониторинг состояния окружающей среды с помощью метода фитоиндикации, как универсального интегрального метода её оценки, через состояние и изменение биологических объектов.

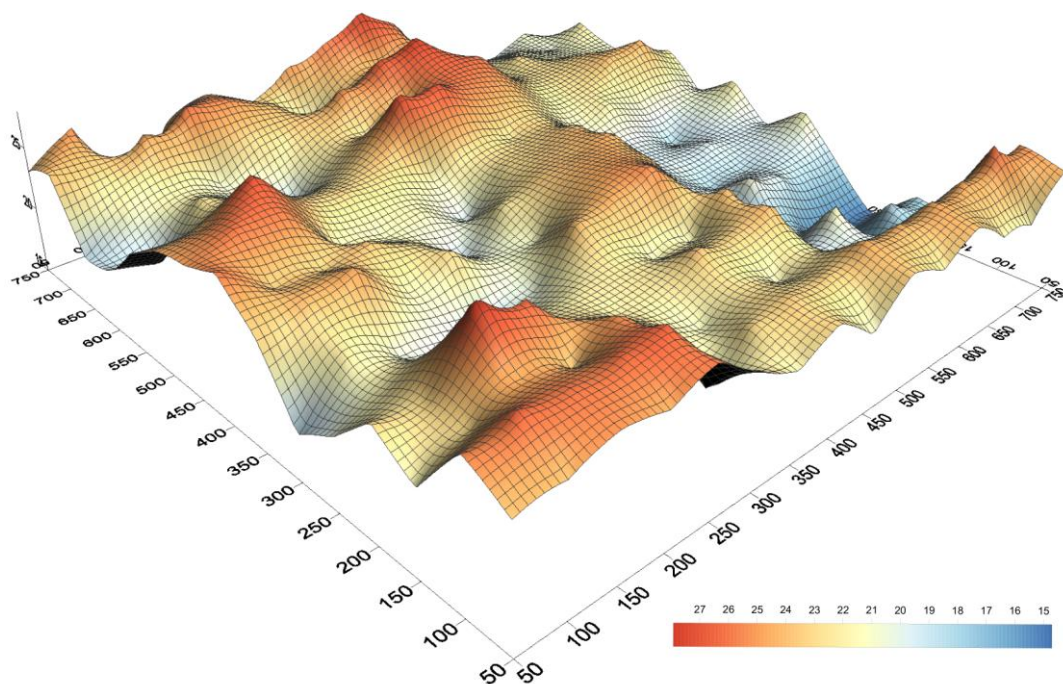


Рис. Показатели средней скорости роста растительных тест-объектов (мм/сутки), 3D

Использование растительных тест-объектов позволяет получать наглядное представление о состоянии электромагнитных полей в трехмерном пространстве на основе 3D визуализации для решения прикладных задач в геоэкологии и геоинформатике. Эти исследования показывают необходимость организации проведения фитоиндикации при планировании и проектировании объектов жилья, детских садов и др. объектов общего пользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барабанов А.А. Влияние энергетических форм природы на жизнедеятельность человека // Академический вестник УралНИИпроект РААСН, № 1, 2010 г. – с. 91–96.
2. Галль Л. Н. В мире сверхслабых. Нелинейная квантовая биоэнергетика: Новый взгляд на природу жизни. – СПб, 2009. – 317 с.
3. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Электронное геопространство – сущность и концептуальные основы // Геодезия и картография. – 2009. – № 5. – С. 41–44.
4. Креймер М. А. Построение методологии научного познания // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1 (21). – С. 88–104.

5. Ларионов Ю. С., Ярославцев Н. А., Приходько С. М. Информационные концепции целостной, естественнонаучной картины материального мира // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 111–125.
6. Ларионов Ю. С. Концепции целостности эволюции материального мира / Ю.С. Ларионов, Н.А. Ярославцев, С.М. Приходько, Е.В. Екимов // Сборник научных трудов VI Международного Конгресса "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине". – СПб., 2012. – С. 268–269.
7. Оценка воздействия естественного электромагнитного фона на рост растений в трехмерном пространстве на основе 3D визуализации / Ю. С. Ларионов, О. Г. Марков, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 2 (26). – С. 62–76.
8. Фоновые электромагнитные излучения низкой интенсивности, как регулирующий фактор, влияющий на гравитропическую реакцию растений / Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 2 (22) – С. 78–87.
9. Ларионов Ю. С., Ярославцев Н. А. Зависимость скорости роста растительных тест-объектов семян пшеницы от действия электромагнитных излучений низкой интенсивности естественного происхождения // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 100–106.
10. Трубина Л. К., Баранова Е. И., Чагина Г. С. Геоинформационное картографирование и инвентаризация зеленых насаждений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 82–85.
11. Трубина Л. К., Селезнев Б. В., Панов Д. В. Геоинформационный анализ форм рельефа для оценки земель г. Новосибирска // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 54–58.
12. Ярославцев Н. А. Фитоиндикация слабых, малоразмерных геофизических аномалий локального характера при экологической оценке состояния окружающей среды // Омский научный вестник, № 6 (41), Омск, изд. ОмГТУ, 2006, – с. 296-300.
13. Описание программы "Surfer" / Сайт "Golden Software". – URL: <http://www.goldensoftware.com/products/surfer#> (дата обращения 01.01.2014 г.).

© Ю. С. Ларионов, О. Г. Марков, Н. А. Ярославцев,
С. М. Приходько, Е. В. Екимов, Е. И. Баранова, 2015

РОЛЬ ГЕОИНФОРМАТИКИ В ПОНИМАНИИ ИНФОРМАЦИИ КАК ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОЙ ОСНОВЫ ЭВОЛЮЦИИ ЖИВОГО, ПРИДАЮЩЕЙ ЕЙ ЦЕЛОСТНОСТЬ

Юрий Степанович Ларионов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Николай Александрович Ярославцев

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, научный консультант, тел. (913)683-59-79, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Сергей Михайлович Приходько

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, инженер, тел. (3812)348-369, e-mail: ivolqa-x3@mail.ru

Евгений Владимирович Екимов

ООО «ЭкоПроба», 644120, Россия, г. Омск, п. г. т. Дальний, 20, директор, тел. (3812)348-369, e-mail: ekimov1971@mail.ru

Развивается представление об атрибутивной и вербальной информации и их роли в энергоинформационной эволюции материи как целостной системы, основанной на электромагнитных взаимодействиях, выступающей как регулирующий и управляющий фактор ритма развития различного уровня иерархии и организации материи.

Ключевые слова: эволюция, материя, целостность, информация, электромагнетизм, атрибутивность, вербальность, концепция, геоинформация, геоэкология.

ROLE OF GEO-INFORMATICS IN UNDERSTANDING HOW INFORMATION ENERGY-INFORMATION BASIS EVOLUTION OF LIFE, TO GIVE IT INTEGRITY

Yuri S. Larionov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Doctor of Agricultural Sciences, Professor Department of Ecology and Environmental Sciences, tel. (383)361-08-86, e-mail: larionov42@mail.ru

Nikolai A. Jaroslavtsev

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, scientific adviser, tel. (3812)348-369, e-mail: yaroslavcev_na@mail.ru

Sergey M. Prikhodko

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, an engineer, tel. (3812)348-369, e-mail: ivolqa-x3@mail.ru

Evgeny V. Ekimov

«EcoProba ltd», 644120, Russia, Omsk, settlement «Dalny», 20, director, tel. (3812)348-369, e-mail: ekimov1971@mail.ru

Develops an idea of the attributive and verbal information and their role in the evolution of energy-matter as an integrated system based on electromagnetic interactions, serving as a control and the controlling factor rhythm of development at various levels of hierarchy and organization of matter.

Key words: evolution, matter, integrity, information, electromagnetism, attribute, verbal, concept, geo-information, geo-ecology.

Недостаточное понимание уровня присутствия и сложности энергоинформационных связей и взаимодействий на атрибутивном (на том или ином качественном) уровне организации материи, как по горизонтали, так и по вертикали (иерархии) и отсутствие общей физической теории, усложняет её восприятие, как целостной системы, например в геоинформации и магнитобиологии [2]. Преобладание линейных подходов над нелинейными, в современном миропонимании различных процессов и явлений, часто ведёт к возникновению неопределённости в их понимании [3, 4], а в ряде случаев к созданию тупиковых научных ситуаций.

К неопределённостям такого рода относится спорность понятия "энергоинформационные взаимодействия". На наш взгляд это вызвано отсутствием общепринятого понятия термина "информация", имеющего в разных сферах деятельности человека множество различных интерпретаций [1, 8, 9]. Этому термину, как правило, придаётся исключительно вербальный смысл, в отличие от понятия "информация" как атрибута или качественного состояния структуры материи, не зависящего от сознания человека [7]. Из-за сложности понимая поставленной задачи, мы изложим свои взгляды с определённой степенью их огрубления или даже схематично. Это необходимо для создания возможности выделения сути явления. Такой методологический подход успешно используется в биофизике и асимптоматической математике [9].

Неопределённость в отношении термина "энергоинформационные взаимодействия", на наш взгляд, вызвана представлениями о, казалось бы, принципиальной несводимости терминов "энергия" и "информация" [11, 12]. Понятие "энергия", как одно из фундаментальных физических явлений, традиционно выступает как атрибут (неотъемлемая принадлежность какого-либо качества) материи, всегда присутствующая в процессе ритма её преобразования. При этом термин "информация", как правило, считают вербальной или мыслительно-словесной категорией, связанной с сознанием человека, которое позволяет определять ценность или бесполезность данной информации для каких-либо целей, т.е. оставаться достаточно субъективной категорией, сужающей смысл самого понятия информация и создающего неопределённость в его истолковании. В реальности информация не отделима от энергии. Все современные средства формирования информации и хранения памяти о ней в вычислительных устройствах используют способ изменения поляризации электрически заряженных элементов (сегнетоэлектриков). Поляризация энергетического потока, то есть сама энергия служит источником передаваемой ею информации. Рецепторное потребление лучистой энергии источников электромагнитного излуче-

ния автоматически воспринимает информационное содержание этого потока, и служит началом распределения энергии среди элементов единой структуры, активизируя её приспособление.

Нами предлагается следующая трактовка понятия "информация", как универсальной категории. Информация – это атрибут материи, всеобъемлющая системная динамическая совокупность её элементарных и сложноорганизованных форм-структур, эволюционирующих на основе электромагнитных взаимодействий, отражающих её энергетическое состояние на всех уровнях иерархии и организации, которая, при определённых условиях, может восприниматься вербально.

На наш взгляд предлагаемая формулировка понятия "информация" и формулировка "Закона сохранения информации" [5, 6] позволяет приблизиться к ответу на сложные вопросы естествознания. Например, о происхождении жизни, понимая её как вынужденный автоколебательный процесс под воздействием внешних условий в виде электромагнитных излучений, обладающих различными центрами и являющиеся управляющим и формирующим фактором в создании, например, форм жизни в их биологическом разнообразии. К таким видам излучений можно отнести устойчивый источник электромагнитного излучения (реликтового) из центра Галактики, излучения космических объектов, Солнца, Земли и других источников.

Р.Г. Баранцев [1, с. 96-97], обсуждая понятия "информация" и "информационная энтропия", отмечает глубокую связь между ними, которая может приобрести более фундаментальный статус, если понятию "информация" будет дано не только семантическое содержание, сводимое к понятию ценности, а субстациональная категория оценки или её физическую сущность. Р.Г. Баранцев отмечает, что проблема понятий "информация" и "энтропия" очевидно ждёт углубления в самой постановке вопроса. Требуется выход с оси "порядок – беспорядок" в иное смысловое измерение, содержащее, например, источник информации, реализующий переход от потенциального к актуальному. Предлагаемое определение понятия "информация" позволяет, на наш взгляд, приблизить разрешение данной проблемы.

В целом понятие "информация", достаточно условно, можно разделить на два вида.

Информация атрибутивная – долговременная информация как универсальное свойство всех материальных объектов, придающее им структурное единство и целостность, а также независимость во всех ритмичных процессах эволюции материального мира. Неотъемлемое свойство или атрибутивность не изменяются при усложнении форм-структур материи, поскольку оно (свойство) играет роль памяти прошлого опыта действий. Например, ядро атома водорода, как и ядра всех других атомов, в своих структурных взаимодействиях и преобразованиях излучает один и тот же спектр, и один и тот же спектр частот поглощает, обеспечивая тем самым структурное единство и целостность.

Информация вербальная – оперативная информация, основана на мыслительно-словесной или чувственной информации человека, осознано восприни-

маемой органами чувств. Она создаётся и воспринимается человеком, обладающим определёнными уровнями знаний и самосознания, благодаря чему он использует её в своих целях во взаимодействиях с окружающей средой.

Информация вербальная и атрибутивная являются двумя частями общей или целостной информации внешнего электромагнитного пространства и отражают эволюцию информационных систем, обусловленных эволюцией материи от космофизико-химического уровня организации до геохимического и биохимического.

Согласно [4,5, 6], информация неотделима от материальной формы любого уровня, поскольку всякая форма имеет собственную структуру (форму-структуру), отличную от структур других форм материи, и это свойство отражено в собственной или внутренней частоте колебаний каждой формы материи. Структуры, формы и частоты внешних энергоинформационных полей и вещества согласованы таким образом, что они при определённых условиях вступают в резонанс. Поэтому существует избирательное информационное взаимодействие вещества и излучения, в основе которого лежат электромагнитные взаимодействия. Поскольку электромагнитные поля и излучения существуют благодаря ритму колебаний, то их взаимодействие с веществом материи также будет ритмичным, что способствует формированию разных уровней организации и иерархии структур на основе резонансных взаимодействий.

Таким образом, ЭМИ и ЭМП, как полевую форму материи можно отнести к носителям информации атрибутивного и вербального уровня. Из определения видно, что "форма-структура", как универсальный семантический признак состояния систем (системы), может являться универсальным носителем атрибутивной и вербальной информации на физическом уровне. Форма-структура имеет неизменную долговременную память в виде устойчивого построения, а так же чувствительную рецепторную структуру, оперативную память избирательного взаимодействия с внешними полями и излучениями, т.е. согласно [5, 6] в виде магнитного и электрического диполей. Долговременная память как атрибут формы обладает магнитным резонансом, действующим на большом удалении. Это свойство позволяет всем биосистемам, являющимися открыто-закрытыми образованиями, быть открытыми при резонансе для восприятия атрибутивной или вербальной информации и закрытыми системами для её хранения. Поясним: эволюционно живая клетка, являясь элементарной единицей организма любого вида, представляет собой метаболически открытую биологическую систему, а ДНК является относительно закрытой системой для хранения её генетического кода. В тоже время, используя вербальную информацию (селекционно-генетические методы) мы можем преобразовать, видоизменить атрибутивную информацию в виде форм-структур у любого вида.

С точки зрения информации, как атрибута материи, долговременно хранимого структурного построения памяти в неживой материи, можно привести пример преобразований углерода, как химического элемента на уровне организации его форм-структур, который мы оцениваем с позиции вербальной информации. В иерархии его структурных преобразований он сам по себе являет-

ся атрибутивной структурой – ядро, протоны, нейтроны, электроны. Вверх по иерархии строения ядер химических элементов он является элементарной формой, со своими, только ему присущими свойствами, задаваемые структурой памяти резонансных контуров в ядре.

Химический элемент углерод обладает возможностью быть неизменной формой за счёт атрибутивной информации, и на её основе, получая новую вербальную информацию, создавать различные по свойствам формы-структуры, которые обладают совершенно разными геометриями построения из отдельных неизменных атомов, например аморфный графит, алмаз, фуллерен, нанотрубки, графен. Это означает, что применение к обозначению термина "информация атрибутивного уровня" термина – "форма-структура" не является чем-то новым ("умножающим сущности"). В данном примере новые атрибутивные свойства приобретает не сам атом углерода, а система структур из неизменных атомов. В этом проявляется управляющая роль изменяющихся внешних условий при построении новой структуры.

Согласно логике наших рассуждений, если ЭМИ и ЭМП являются полевой формой материи, обладающей набором иерархически выстроенных форм-структур, то можно сказать, что материя, как субстанция, и её формы-структуры, которыми она обладает, согласно известных физических представлений, является сама по себе информацией атрибутивного уровня и основой информационных взаимодействий материальных систем. Исходя из этого, любые преобразования форм-структур материи являются мерой её движения или энергией в общепринятом смысле (вербальном) в котором её принято оценивать.

Энергия, как "мера движения", включает в себя несколько характеристик (мощность, скорость, время, расстояние), которые характеризуют интенсивность меры движения, которая может быть различна. Например: скорость разложения биологической материи (гниения), горения горючих материалов, взрыв динамита, атомный взрыв – являются примерами структурно-фазовых превращений. Они протекают с различной скоростью, и, соответственно, обладают энергией различной интенсивности (мощности). Происходит преобразование из исходного (активного) состояния в неактивное, в котором структурно-фазовые превращения резко замедляются или "останавливаются", т.е. уровень мощности энергии изменяется в соответствии с внешним воздействием. Соответственно, изменяются уровни иерархии и организации материи.

В целом, это представляет сложное преобразование форм-структур материи, что в излагаемом контексте является информационным взаимодействием или энергоинформационным преобразованием атрибутивного уровня. Можно предположить, что концептуально уровень таких взаимодействий может выступать как критерий всех известных взаимодействий. Это обеспечивает восприятие окружающего мира, как целостного образования, в котором динамические процессы преобразований форм-структур бесконечны, но целесообразны, что подчёркивает вечность кругооборота ритмично изменяющегося материального мира при достижении энергоинформационного разнообразия. Такой подход позволяет, в рамках известных научных представлений, выстроить целост-

ную картину материального мира и полную сводимость терминов "энергия" и "информация" в категории атрибутов материи и её оценки с позиции вербальности. Это позволяет подчеркнуть корректность термина "энергоинформационные взаимодействия", и, как их вариант, "биоэнергоинформационные взаимодействия".

Предложенные формулировки понятия "информация" и "энергоинформационные взаимодействия", основой которых являются электромагнитные взаимодействия, позволяют рассмотреть с новых позиций процессы и явления, изучаемые в геоинформатике, геоэкологии, биофизике, биохимии, биологии и др. науках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании / Р.Г. Баранцев – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 144 с.
2. Бинги В.Н. Принципы электромагнитной биофизики / В.Н. Бинги – М.: Физматлит, 2011. – 592 с.
3. Ларионов Ю. С. Концепции целостности эволюции материального мира / Н.А. Ярославцев, С.М. Приходько, Е.В. Екимов // сборник научных трудов VI Международного Конгресса "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине". – СПб., 2012. – С. 268-269.
4. Ларионов Ю.С. Основы эволюционной теории (Концепции естествознания и аксиомы современной биологии в свете эволюции материи): учебное пособие / Ю.С. Ларионов. – Омск: ИП Скорнякова Е.В. 2012. – 233 с.
5. Петров Н.В. Живой Космос / Н.В. Петров. – СПб.: ООО "Береста", 2011. – 420 с.
6. Петров Н.В. Витакосмология / Н.В. Петров. – СПб.: ООО "Береста", 2013. – 388 с.
7. Семенов О.И. Информация. Новейший философский словарь / Сост. и гл. науч. ред. А.А. Грицанов. – 3-е изд., испр. – Мн.: Книжный дом, 2003. – С. 431-434.
8. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам. Пер. с англ. М.: Ком Книга, 2005. – 248 с.
9. Чернавский Д.С. Синергетика и информация (динамическая теория информации) / Д.С. Чернавский. – 2-е изд. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 288 с.
10. Ярославцев Н.А. О существовании многоуровневых ячеистых энергоинформационных структур. Монография – Омск: Омский гуманитарный институт, 2005 г., – 184 с.
11. Ярославцев Н.А. Энергоинформационные взаимодействия как основа понимания целостной картины мира / Н.А. Ярославцев, Ю.С. Ларионов, С.М. Приходько, Е.В. Екимов // сборник научных трудов VI Международного Конгресса "Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине". – СПб., 2012. – С. 280-281.
12. Ярославцев Н.А. Энергоинформационные взаимодействия, как атрибут состояния и эволюции материи, придающее им целостность / Н.А. Ярославцев, Ю.С. Ларионов, С.М. Приходько, Е.В. Екимов // *Фундаментальные проблемы естествознания и техники. Том 36-4.* СПб, Международный клуб учёных, 2014. С. 281-289.

© Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов, 2015

О СОДЕРЖАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ

Игорь Михайлович Ламков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: igor.lamkov@ya.ru

Обозначен вопрос паспортизации обводненных карьеров как отдельной категории водных объектов.

Ключевые слова: экологический паспорт, водный объект, обводненный карьер, экологический мониторинг.

THE CONTENT OF ECOLOGICAL PASSPORTS

Igor M. Lamkov

Siberian State University of geosystems and technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., postgraduate student of the Department Ecology and Environmental Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: igor.lamkov@ya.ru

The certification of flooded quarries as a separate category of water bodies.

Key words: ecological passport, water object, flooded quarry, environmental monitoring.

Интенсивные процессы урбанизации требуют значительного количества исходных материалов для проведения строительных работ (песка, щебня, цемента, гранита и др.), которые на территории Новосибирской области добываются открытым способом (например, карьеры «Борок», «Пригородный», «Криводановский» и др.), поскольку это снижает экономические затраты на покупку и транспортировку данных материалов до места строительных работ.

В местах расположения таких карьеров формируется не только своеобразный техногенный рельеф, но и нередко организуются полигоны ТБО, и что хуже – несанкционированные стихийные свалки, включающие различные бытовые и промышленные отходы [1]. Такая территория представляет зону потенциальной опасности и требуется дальнейшая рекультивация нарушенных земель, которая часто выполняется путем заполнения отработанных карьеров грунтовыми водами, водами поверхностного стока и атмосферными осадками.

Этому способствует гидрологический режим на территории Новосибирской области, характеризующийся близким залеганием водоносных слоев, что использовалось, например, при создании искусственного водного объекта на Юго-западном жилмассиве. В настоящее время водоем используется населением в рекреационных целях, в летний период на территории водоема могут находиться более 3 000 отдыхающих. Планируется в перспективе [2] обустройство гребного канала олимпийских стандартов для академической гребли, гребли

на байдарках и каноэ. В зимнее время на льду проводятся соревнования по авторалли.

В соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод" (1991 г.) городские водоемы, используемые в качестве рекреационных объектов, относятся к категории коммунально-бытового водопользования, а следовательно, на них распространяются в первую очередь требования к качеству воды, устанавливаемые для данного водопользования. Помимо этого, необходим комплекс данных мониторинга, отражающих экологическое благополучие водоема в соответствии с регламентированными нормами охраны вод и требованиями к рекреационным зонам.

Результатом такого мониторинга является экологический паспорт – документ, содержащий информацию о состоянии и степени использования природного объекта. Почти на все водные объекты Российской Федерации существуют паспорта, выполненные еще в 60х-70х годах прошлого века. Но, если на крупные, значимые объекты паспорта сохранились и в них периодически обновляются сведения, то на большинство малых водоемов паспорта либо утеряны, либо сведения устарели и перестали быть актуальными. Кроме того, появление обводненных карьеров, в частности на территории г. Новосибирска относится к 1970-1980 г., что значительно позже выделенного периода.

Паспорт водного объекта представляет собой свод географических, морфометрических, геоэкологических характеристик, сведения об антропогенной нагрузке, природоохранных мероприятиях и предложения по дальнейшему рациональному использованию.

В настоящее время различные виды паспортов, включающие комплексную экологическую оценку (таблица 1) [3, 4, 5, 6], составляются без строгих требований по формированию разделов.

Таблица 1

Сравнительная характеристика паспортов на водные объекты

Разделы	Паспорт Геоэкологический	Экологический паспорт городского рекреационного объекта	Экологический паспорт городского водоема (ЭПГВ)	Рыбохозяйственный	Инвентаризационный
Общие физико-географические	+	+	+	+	+
Геолого-геоморфологические	+	+	+	-	-
Гидрохимические	-	+	+	+	-
Гидробиологические	-	+	+	+	-
Антропогенные	+	+	+	-	+
Энотоксикологические	-	-	-	+	-
Санитарные	-	+	+	-	-
Картографические материалы:					
Профили	+	+	+	-	+
Карт-схемы	+	+	-	-	+
Схематический чертёж	-	-	-	+	-
Схема глубин	-	-	-	-	+

В целом анализ таблицы показывает, что ни один паспорт не включает полного набора сведений о водном объекте.

Обводнённые карьеры, возникнув в результате хозяйственной деятельности человека, вне связи с природными факторами формирования гидрографической сети, на начальном этапе своего существования в значительной мере отличаются от естественных водоёмов практически по всем показателям (гидрохимическим, гидробиологическим и т.д.) [7]. Поэтому содержание экологического паспорта такого объекта должно включать помимо общепринятых параметров водоема (морфометрических характеристик, наличия источников загрязнения, состава донных отложений и химического анализа проб воды т.д.) следующие сведения:

- данные промеров глубин;
- наличие описания гидротехнических сооружений (например, коллектора для слива воды);
- характеристику береговой линии и прогнозирование ее изменения из-за эрозионных процессов.
- построение ЦМР дна с использованием современных программных и технических средств для изучения рельефа дна [8].

Для выявления закономерностей и анализа тенденций изменений экологического состояния водоема необходим комплексный мониторинг, включающий в себя:

1. Выявление возможных источников загрязнения подземных вод (наличие полигонов ТБО, сбросов сточных вод в поверхностные водные объекты промышленными предприятиями, химический состав добываемых полезных ископаемых);
2. Мониторинг крутых склонов берегов обводненного карьера, разрушение которых может способствовать увеличению его площади [9], подтоплению близлежащих территорий, негативному воздействию на объекты инфра – и социальной структуры.
3. Мониторинг процесса зарастания обводненного карьера растительностью, его заболачивание и как следствие не соответствие качества воды санитарным нормам, что может быть опасным для жизни и здоровья населения.

Данные сведения являются не только нормативно-техническим сопровождением мониторинга водных объектов, но и предоставляют достоверную информацию о текущем состоянии водного объекта (включая динамические модели), что позволит планировать краткосрочные и долгосрочные мероприятия по улучшению экологического состояния водоемов, а также контролировать ход их выполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каманина И.З., Макаров О.А., Анисимова О.В., Каплина С.П. Эколого-экономическая оценка воздействия на окружающую природную среду отработанных карьеров Московской области. Университет «Дубна», МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010.
2. www.nsk.kp.ru/online/news/1871179/

3. Розенберг Г.С., Гелашвили Д.Б. Т.Д. Зинченко, Л.А. Перешивайлов. Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Нижегородский государственный университет. Об экологической паспортизации городских водоемов. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.3, №2, 2001.
4. Зятькова Л. К. Методы геоэкологической паспортизации природных объектов и новая кадровая политика. – Новосибирск: СГГА, 2009. –273 с.
5. Шабанова А. В. Экологический паспорт городского рекреационного объекта // Экологические системы и приборы. – 2010. - №5 – С.11-15.
6. Отчет о выполнении работ по теме «Инвентаризация водных объектов (пруды, обводненные карьеры), находящиеся в муниципальной собственности города Новосибирска» М.А. Бучельников, А.В. Панов, А.А. Перфильев, В.А. Чирков. ФГОУ ВПО «НГАВТ» 2011 г. 16 с.
7. Хомич А.А., Прокопеня В.А., Хомич С.А., Карьерные водоемы Белоруссии как объект лимнологических исследований // История озер в СССР: Тез. докл. 5 Всесоюзн. Совещания. – Таллин: Изд-во АН СССР, 1983 – с. 195.
8. Трубина Л. К. Селезнев Б. В. Роль морфометрии рельефа в формировании экологических условий городской среды // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 18–22.
9. А.С. Каширский. Обводнение карьерных выемок в рекреационных целях ландшафтной архитектуры. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Выпуск № 12/том 1/2009.

© И. М. Ламков, 2015

ОЦЕНКА ЭМИССИИ УГЛЕРОДА ПРИ ПОЖАРАХ В СВЕТЛОХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Елена Александровна Кукавская

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Сергей Викторович Жила

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Галина Александровна Иванова

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Людмила Викторовна Буряк

Сибирский государственный технологический университет, 660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 82, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

В статье дана оценка воздействия пожаров на структуру и запасы горючих материалов в светлохвойных и лиственных насаждениях и на вырубках Красноярского края. Получены данные по выходу углерода в зависимости от категории лесного участка и типа леса. Установлено, что эмиссия углерода при пожарах растительности в светлохвойных насаждениях больше, чем в лиственных насаждениях. На вырубках эмиссия углерода в 1,5–5,2 раз больше, чем в насаждениях, что обусловлено большим количеством порубочных остатков на лесосеках.

Ключевые слова: пожар, запасы горючих материалов, эмиссия углерода, сосновые, лиственничные и березовые насаждения, вырубки.

ESTIMATION OF CARBON EMISSIONS FROM FIRES IN LIGHT-CONIFEROUS AND DECIDUOUS FORESTS OF KRASNOYARSK KRAI

Elena A. Kukavskaya

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok 50/28, researcher of laboratory of forest fires, Ph. D., tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Sergey V. Zhila

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok 50/28, Ph. D., researcher of laboratory of forest fires, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Galina A. Ivanova

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok 50/28, Ph. D., leader researcher of laboratory of forest fires, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Ludmila V. Buryak

Siberian State Technological University, 660049, Russia, Krasnoyarsk, 82 Mira, Ph. D., associate professor, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

In the article the estimation of fire impact on fuel structure and loading in light-coniferous and deciduous forests and on logged sites of Krasnoyarsk krai is presented. Data on carbon emissions depending on forest site category and forest type are obtained. Carbon emissions due to fires were found to be higher in light-coniferous forests compared to deciduous forests. In the logged sites carbon emissions were 1,5–5,2 higher compared to the unlogged sites due to the large amount of woody debris left onsite.

Key words: wildfire, fuel loads, carbon emissions, pine, larch and birch stands, logged sites.

Лесные пожары нередко оказывают разрушительное воздействие на лесные экосистемы, уничтожая напочвенный покров и фауну, повреждая и приводя к гибели древостой, вызывая повреждение почвы и ее эрозию. Они оказывают мощное воздействие на биологическое разнообразие лесных экосистем и их устойчивость [1, 2, 5, 6]. Эмиссии углерода от лесных пожаров повышают концентрацию парниковых газов в атмосфере и тем самым способствуют изменению климата в глобальных масштабах. В настоящее время мировое научное сообщество проявляет все больший интерес к точным количественным оценкам эмиссий при пожарах растительности. Эмиссии углерода могут варьировать в зависимости от характера растительности, возраста насаждения, погоды, сезона года и времени пожара. Кроме насаждений воздействию огня ежегодно подвергаются значительные площади вырубок, которые характеризуются большим запасом доступных для горения материалов. Частота и интенсивность пожаров могут сильно меняться в связи с изменениями климата, режима пожароуправления и практики лесопользования. Для территории России имеются лишь ограниченные сведения по эмиссии углерода при пожарах в отдельных регионах, в первую очередь в светлохвойных насаждениях [3, 7, 8, 9]. Некоторые районы Красноярского края рассматриваются как области критического изменения растительного покрова, вызываемого пожарами и рубками [10].

Целью наших исследований являлась оценка эмиссии углерода при пожарах в светлохвойных и лиственных насаждениях и на вырубках Красноярского края.

Для получения данных по количеству сгоревших горючих материалов, параметрам пожаров и эмиссии углерода в широком диапазоне условий горения и типов леса были проведены экспедиционные работы по обследованию нарушенных пожарами и рубками лесных участков. Пробные площади были заложены в Богучанском, Кежемском и Саянском районах Красноярского края. Общая методология проведения исследований включала лесоводственно-таксационное, геоботаническое и лесопирологическое описания, проводимые с использованием общепринятых методик [4, 11 и др.]. Всего было заложено 7 пробных площадей в различных лесорастительных условиях, каждая из которых состояла из 4 участков (площадью 1-3 га), находящихся в одинаковых лесорастительных условиях в непосредственной близости друг от друга и имеющих изначально одинаковые лесотаксационные характеристики: (1) насаждение, (2) насаждение, пройденное пожаром, (3) вырубка и (4) вырубка, пройденная пожаром. Для наиболее точной оценки эмиссии углерода при пожарах подбирались участки, на которых пожар распространялся в год исследований. Дав-

ность рубки составляла от нескольких месяцев до пяти лет. На тех участках, которые были пройдены рубками главного пользования, осуществлялось восстановление основных таксационных характеристик древесного яруса по зависимостям диаметра дерева на высоте груди от диаметра пня, полученным в ненарушенных насаждениях для всех лесообразующих пород. Количество сгорающего органического вещества рассчитывалось по разнице запасов на участках, пройденных пожаром, и контрольных к ним участках, не подверженных пиро-генному воздействию. Эмиссия углерода принималась равной 50% от сгорающего запаса [12].

Светлохвойные насаждения на пробных площадях были представлены чистыми сосновыми или смешанными древостоями с преобладанием сосны и лиственницы, возраст – 110-200 лет, класс бонитета – II-III. Средний диаметр варьировал от 29 до 37 см, высота – 23-28 м, полнота – 0,7-0,9, запас – 310-440 м³/га. Лиственные насаждения представлены березовыми древостоями с примесью осины в составе, возраст – 70-90 лет, класс бонитета – II, средний диаметр 26 см, высота – 19-25 м, полнота – 0,7-0,9, запас до 300 м³/га. Пробные площади закладывались на участках лесных земель, пройденных низовыми пожарами, которые наиболее характерны для региона исследования. Сила пожаров варьировала от слабой до сильной. Средняя высота нагара на деревьях составила от 0,9 до 3,1 м, глубина прогорания напочвенного покрова – от 0,2 до 5,5 см.

В ходе проведенных исследований выявлено, что запасы напочвенных горючих материалов в светлохвойных насаждениях варьируют от 40 до 54 т/га. Запасы горючих материалов в насаждениях с преобладанием березы составляют 16-20 т/га, что в среднем на 60% меньше, чем в светлохвойных насаждениях зеленомошной группы типов леса. В светлохвойных насаждениях на опад приходится – 7-12 %, а в лиственных – 9-20 %. Основной запас в насаждениях составляет подстилка (до 82 % от общего запаса). Травяно-кустарничковый ярус составляет незначительную долю в светлохвойных насаждениях – до 3 %, тогда как в лиственных насаждениях запас трав и кустарничков достигал 15-20 %. Запас ветвей и валежа разной степени деструкции составил – 9-26 % в светлохвойных насаждениях и всего до 4 % в лиственных. Пожары снижают запасы напочвенного покрова на 5-55% в зависимости от интенсивности пиро-генного воздействия. После рубок в светлохвойных насаждениях в условиях Богучанского и Кежемского районов запасы упавших древесных горючих материалов увеличиваются в 2,5-7 раз, общий запас напочвенных горючих материалов составляет в среднем 95 т/га. В лиственных насаждениях после рубок запасы древесных горючих материалов увеличиваются в 1,5–4 раза, но общий запас напочвенных горючих материалов при этом, как правило, не превышает 25-30 т/га. Пожары на вырубках снижают запасы на 15-40 % от допожарного значения. На вырубках, пройденных пожарами, глубина прогорания напочвенного покрова в 1,5 и более раз выше аналогичного показателя в насаждениях.

Эмиссия углерода при пожарах в светлохвойных насаждениях составила от 4,4 до 12,7 тС/га (рис.). Наибольшее количество углерода (до 95%) выделилось при сгорании мхов, лишайников и подстилки. Выход углерода на вырубках со-

ставил 7,5 - 40,9 тС/га, что в 1,5-5 раз превышает эмиссию углерода при пожарах в насаждениях такого же типа леса и при одинаковых погодных условиях. На вырубках на сгоревшие порубочные остатки приходится от 50 до 80% от общей эмиссии. Наибольшая разница в величине эмиссии углерода в насаждениях и на вырубках наблюдается при большой захламленности участков порубочными остатками и при ранневесенних пожарах, когда на территории, пройденной рубкой, горючие материалы уже достигли пожарной зрелости, а под пологом древостоя распространению огня препятствует высокое влагосодержание лесных горючих материалов.

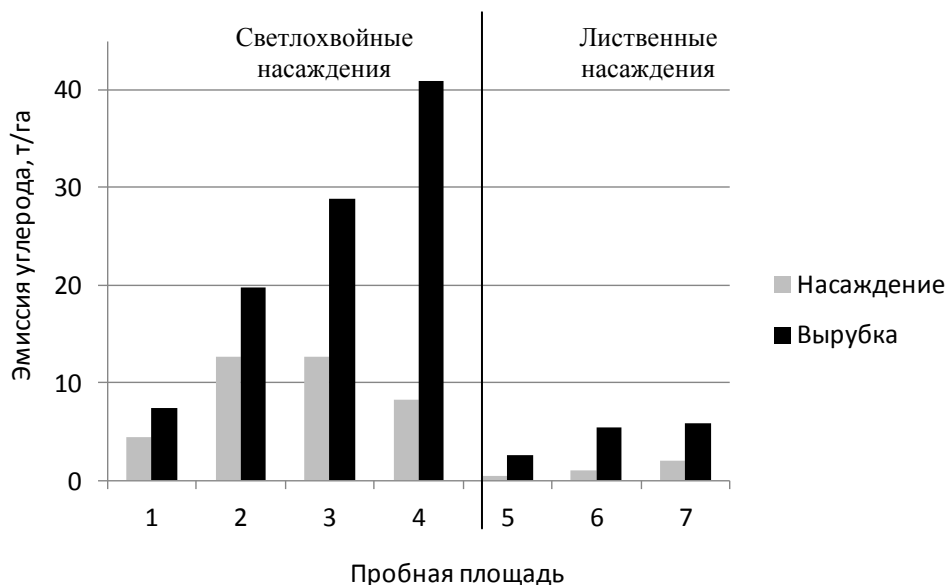


Рис. Эмиссия углерода при пожарах в насаждениях и на вырубках в светлохвойных и лиственных насаждениях Красноярского края

Эмиссия углерода при пожарах в лиственных насаждениях составила 0,5-2,4 тС/га. Меньшая эмиссия углерода в лиственных насаждениях по сравнению с выходом углерода в светлохвойных лесах обусловлена преобладанием беглых весенних пожаров, при которых сгорает небольшое количество горючих материалов. При пожарах на вырубках выход углерода увеличился до 5,9 тС/га, что в 3-5 раз больше, чем эмиссия углерода в насаждениях. При этом доля порубочных остатков в общем объеме выделившегося углерода возросла с 3 до 20%.

Эмиссия углерода при пожарах в насаждениях в значительной степени ($r = 0,72$) зависела от погодных условий, характеризующихся показателем ПВ-1. Вариабельность эмиссии углерода при пожарах на вырубках обусловлена как метеорологическими условиями, так и различиями в способах рубок и очистки лесосек. Величина выхода углерода при пожарах на вырубках в значительной степени определялась запасом горючих материалов ($r = 0,68$). В летний период обильное разрастание травяного покрова на вырубках с давностью рубки 3 и более лет способствует снижению интенсивности горения, вследствие этого эмиссия углерода здесь в 1,2-1,4 раза меньше, чем на свежих вырубках.

В целом, эмиссия углерода при пожарах больше в хвойных насаждениях по сравнению с лиственными лесами. Рубки в светлохвойных насаждениях значительно увеличивают запасы напочвенных горючих материалов, приводят к повышению пожарной опасности территории и увеличению выхода углерода. Рубки в лиственных насаждениях, проводимые, как правило, для удовлетворения потребностей местного населения, не существенно увеличивают запасы горючих материалов, а возникающие на таких участках весенние беглые пожары не оказывают значительного влияния на параметры баланса углерода.

Исследования были проведены при поддержке гранта Президента РФ МК-4646.2015.5.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова Г.А., Перевозникова В.Д. Послепожарное формирование живого напочвенного покрова в сосняках Среднего Приангарья // Сибирский экологический журнал. – 1996. – Т.3. – № 1. – С. 109–116.
2. Экологическая и лесообразующая роль пожаров в криолитозоне Сибири / А.П. Абаймов, С.Г. Пропушкин, О.А. Зырянова, Ю. Каназава, К. Такахаша // Лесоведение. – М.: Наука, 2001. – № 5. – С. 50–59.
3. Брюханов А.В., Верховец С.В. Оценка эмиссий углерода при пожарах на вырубках в хвойных лесах Центральной и Южной Сибири // Сибирский экологический журнал. – 2005. – 1 (2005). – С. 109–112.
4. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. – С. 5–58.
5. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests / E.S. Kasischke, N.L. Christensen, B.J. Stocks // Ecol. Appl. – 1995. – Vol. 5. – P. 437–451.
6. Dendroclimatic inference of wildfire activity in Quebec over the 20th century and implications for natural disturbance-based forest management at the northern limit of the commercial forest / H. Le Goff, M.P. Girardin, M.D. Flannigan, Y. Bergeron // International Journal of Wildland Fire. – 2008. – № 17. – P. 348–362.
7. Variability of fire behavior, fire effects and emissions in Scotch Pine forests of central Siberia / D.J. McRae, S.G. Conard, G.A. Ivanova, A.I. Sukhinin, S.P. Baker, Y.N. Samsonov, T.W. Blake, V.A. Ivanov, T.V. Churkina, W.M. Hao, K.P. Koutzenogij, N.M. Kovaleva // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2006. – № 11. – P. 45–74.
8. Fire impact on carbon storage in light conifer forests of the Lower Angara region, Siberia / G.A. Ivanova, S.G. Conard, E.A. Kukavskaya, D.J. McRae // Environmental Research Letters. – 2011. – 6. 045203. doi:10.1088/1748-9326/6/4/045203
9. Influence of logging on the effects of wildfire in Siberia / E.A. Kukavskaya, L.V. Buryak, G.A. Ivanova, S.G. Conard, O.P. Kalenskaya, S.V. Zhila, D.J. McRae // Environmental Research Letters. – 2013. – Vol. 8. 045034 doi:10.1088/1748-9326/8/4/045034
10. Areas of rapid forest-cover change in boreal Eurasia / F. Achard, D. Mollicone, H.-J. Stibig, D. Aksenov, L. Laestadius, Z. Li, P. Popatov, A. Yaroshenko // Forest ecology and Management. – 2006. – 237. – P. 322–34.
11. Van Wagner C.E. The line intersect method in forest fuel sampling // Forest Science. – 1968. – № 1. – P. 20–26.
12. Levine J.S., Cofer W.R. Boreal forest fire emissions and the chemistry of the atmosphere // Fire, Climate Change and Carbon Cycling in North American Boreal Forests, Ecol. Stud. Ser., edited by E.S. Kasischke, and B.J. Stocks, Springer, New York. – 2000. – III. – P. 31–48.

© Е. А. Кукавская, С. В. Жила, Г. А. Иванова, Л. В. Буряк, 2015

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ НЕЗАКРЕПЛЕННЫХ ПЕСКОВ В ТЫВЕ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Дмитрий Сергеевич Дубовик

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат географических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Михаил Владимирович Якутин

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеоценологии; СГУГиТ, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

В результате дешифрирования данных Landsat оценена динамика изменения площадей незакрепленных песков в пределах отдельных участков российской части Убсунурской котловины. Делается вывод о возможности применения методов дистанционного зондирования в практике экологического мониторинга незакрепленных песков.

Ключевые слова: экологический мониторинг, Тыва, Убсунурская котловина, незакрепленные пески, динамика, дистанционное зондирование.

DYNAMICS OF AREAS OF LOOSE SAND IN TUVA ON REMOTE SENSING DATA

Dmitry S. Dubovik

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., assistant professor, department of ecology and wildlife management, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Mikhail V. Yakutin

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 8/2 Academician Lavrentjev, Sc. D., senior researcher, laboratory of biogeocenology; SSUGT, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., professor of department of ecology and wildlife management, tel. (383)363-90-25, e-mail: yakutin@issa.nsc.ru

During interpretation of Landsat data dynamics of loose sand areas within individual sections of the Russian part of the Ubsunur depression was estimated The conclusion about the possibility of using remote sensing techniques in the practice of environmental monitoring loose sands was made.

Key words: ecological monitoring, Tyva, Ubsunur depression, loose sands, dynamics, remote sensing.

Проблема опустынивания аридных экосистем, возникшая во многом в связи с нерациональным использованием природных ресурсов, рассматривается как одна из глобальных проблем охраны окружающей среды. Около 30% площади суши на Земле находится под угрозой опустынивания, а 70% засушливых земель, используемых в сельском хозяйстве, в той или иной мере уже охвачено процессом опустынивания [1]. Поиск оперативных и надежных методов оцен-

ки, прогноза и управления состоянием территорий, подверженных опустыниванию является актуальной задачей.

Эоловые песчаные образования встречаются во всех больших степных котловинах Тывы, причем местами они занимают значительные площади. По происхождению материала эти пески являются элювиально-делювиальными, аллювиальными, отчасти озерными и флювиогляциальными и могли бы рассматриваться в соответствующих типах четвертичных отложений. Однако пески, которые подверглись переотложению при помощи ветра и слагают характерные формы рельефа (барханы, дюны, гряды, бугры) принято выделять в особую категорию эоловых песчаных образований.

Наибольшие площади перевеянных песков находятся в Убсунурской котловине. Южнее р. Тес-Хем в пределы Тувы вступает из Монголии край большого песчаного массива Борзиг-Дель, занимающего всю центральную часть котловины между хребтами Танну-Ола и Хан-Хухей на территории Монголии. Эти весьма сильно перевеянные крупнобугристые и частично барханские пески, с рядом глубоких котловин интенсивно современного развевания являются продуктом древнеаллювиальных речных аккумуляций, возникших в конце третичного – начале четвертичного времени. По левому берегу р. Тес-Хем, в районе оз. Торе-Холь также есть много эоловых песчаных накоплений, местами подверженных интенсивному перевеванию. Песчаный материал здесь имеет древнеаллювиальное и элювиальное происхождение [4].

В пределах Центрально-Тувинской котловины эоловые песчаные образования наиболее развиты в районе холмисто-увалистого денудационного плато между оз. Хадын и г. Кызыл и в районе севернее с. Балгазин на склонах возвышенностей Сыргалык-Тайга. В Хемчикской котловине перевеянные песчаные образования наблюдаются в ряде мест небольшими участками, хотя общая площадь покровных элювиально-делювиальных отложений песчаного состава здесь весьма велика [3].

Наиболее засушливой и, соответственно, подверженной процессам опустынивания является самая Южная из котловин Тувы – Убсу-Нурская. Именно её российская территория и была выбрана в качестве объекта исследования. Общая площадь российской территории котловины составляет около 10,5 тысяч квадратных километров (рис. 1).

Убсунурская котловина расположена на границе Республики Тыва и Монголии между 48-50° с. ш. и 91-99° в. д. Протяженность ее с севера на юг 160 км, с запада на восток 600 км. С севера котловину ограничивают хребты Западный и Восточный Танну-Ола и нагорье Сангилен, с юга - хребты Булнай-Нуру и Хан-Хухэй, с запада - хребет Цаган-Шибету и примыкающие к Монгольскому Алтаю массивы Турген-Ула и Хархира, с востока ее ограничивает водораздел с бассейном реки Дэлгэр-Мурэн. Котловина бессточная. Соленое озеро Убсу-Нур размером 80 на 70 км и глубиной около 15 м лежит в западной ее части на абсолютной высоте 1000 м [5].

Для установления площадей открытых незакрепленных растительностью песков было выполнено дешифрирование четырёх снимков Landsat 8, получен-

ных в конце июля – начале сентября 2014 года, покрывающих всю котловину. При оценке динамики площадей песков также выполнялось дешифрирование данных Landsat 5 и Landsat 7, полученных в 1991, 2002, 2010 годах.

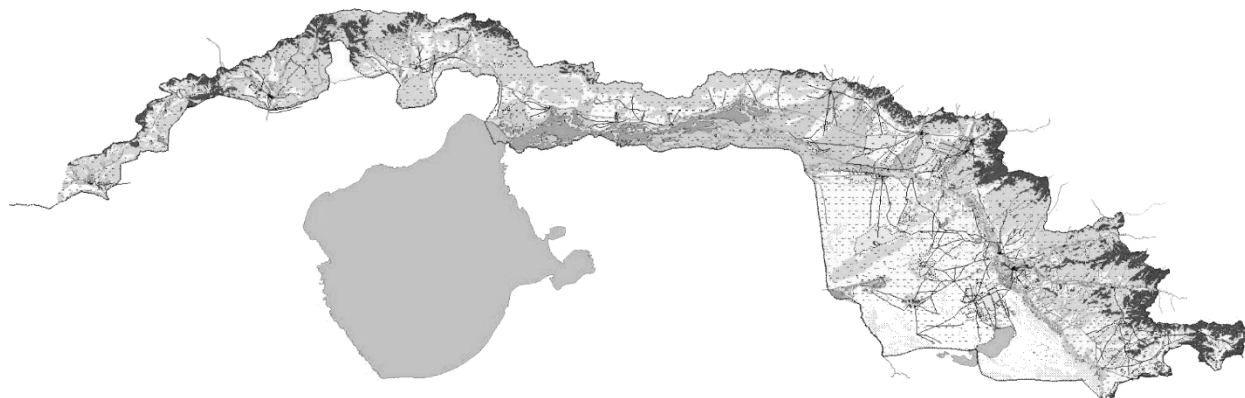


Рис. 1. Российская часть Убсу-Нурской котловины

На основе данных Landsat были синтезированы цветные растровые изображения на основе данных следующих участков электромагнитного спектра: R (красный канал изображения): 2,1–2,3 мкм (участок электромагнитного спектра в среднем инфракрасном диапазоне); G (зелёный канал изображения): 0,8–0,88 мкм (ближний инфракрасный диапазон); B (синий канал изображения): 0,525–0,6 мкм (видимый зелёный). Что соответствует комбинации 7, 5 и 3-го спектральных каналов сенсора OLI спутника Landsat 8; 7, 4 и 2-го каналов сенсоров спутников Landsat 5 и Landsat 7 [8]. Обработка снимков осуществлялась с использованием программного продукта ErdasImagine 2013 и включала в себя синтезирование цветных изображений, построение растительных индексов, увеличение пространственного разрешения цветных изображений за счёт панхроматического канала (операция «Resolutionmerge», метод «Broveytransform»). После того, как данные были подготовлены, дальнейшая работа осуществлялась в геоинформационной системе Panorama, и заключалась по существу в дешифрировании и векторизации опознанных массивов незакреплённых растительностью песков, а также водных объектов в пределах исследуемой территории [6].

Сплошные массивы открытых песков с линейными размерами более километра расположены в основном на территории монгольской части котловины. В пределах российской территории сплошное распространение открытых песков можно увидеть южнее реки Тес-Хем, восточнее озера Торе-Холь то есть в юго-восточной части российской территории Убсунурской котловины. На остальной дешифрируемой территории открытые пески расположены очагами, узкими полосками, размерами от первых десятков до нескольких сотен метров вдоль водных объектов, вблизи населённых пунктов.

Общая площадь территории, занятой открытыми песками в пределах российской части Убсунурской котловины по результатам дешифрирования составила 307,7 км².

На рис. 2 представлено расположение ключевых участков, в пределах которых оценивалась динамика площадей открытых песков в разных частях котловины. Ключевые участки представляют собой квадраты со стороной 4 километра.

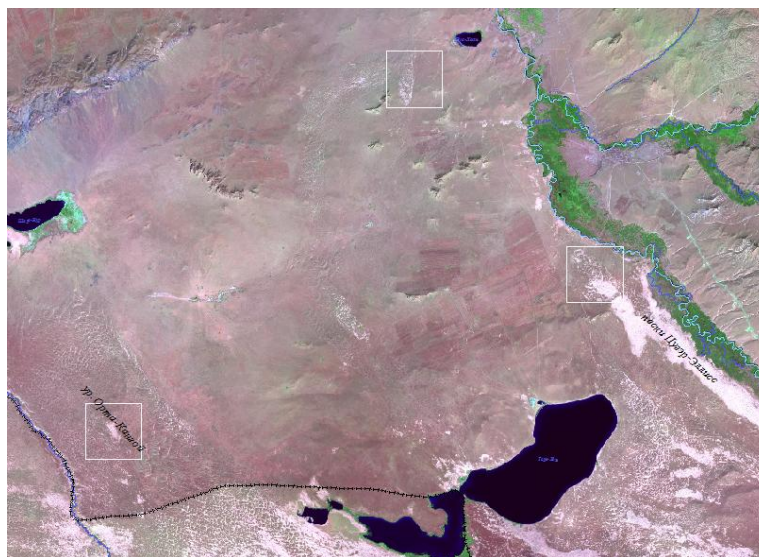


Рис. 2. Положение ключевых участков, в пределах которых определялись площади открытых песков на снимке Landsat 8 2014 года в комбинации спектральных каналов RGB 753

Динамика площадей незакрепленных растительностью песков в пределах ключевых участков в разных областях их распространения в пределах российской территории Убсунурской котловины представлена на рис. 3.



Рис. 3. Динамика площадей незакрепленных растительностью песков на трех ключевых участках в пределах российской территории Убсунурской котловины с 1991 по 2014 год

Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод, что в пределах ключевого участка 1, расположенного вблизи озера Дус-Холь площадь незакрепленных растительностью песков увеличилась за исследуемый отрезок времени более, чем в два раза. Тогда как в пределах ключевого участка 2, расположенного к югу от озера Шара-Нур площадь незакрепленных песков изменяется гораздо медленнее.

В целом, можно заключить, что после сокращения площадей открытых песков к 2010 году, в 2014 вновь происходит увеличение площадей незакрепленных песков. В тоже время изменение площадей незакрепленных растительностью песков соответствует изменениям площадей нарушенных травяных экосистем в те же периоды времени [2].

Процессы опустынивания на территории республики Тыва привели к значительным потерям плодородных земель, и с каждым годом площади деградированных земель увеличиваются [7]. Площадь открытых песков в пределах российской части Убсу-Нурской котловины по данным настоящей работы в 2014 году составила 307,7 км².

Проведенная работы продемонстрировала, что использование данных дистанционного зондирования может оказаться очень эффективным инструментом в экологическом мониторинге аридных территорий, облегчает изучение процессов, происходящих в природно-территориальных комплексах.

Значительную роль в развитии процессов опустынивания играет локальная дифференциация природной среды. Необходим индивидуальный подход и глубокое изучение природных условий и функционирования каждого небольшого участка территории при планировании любой хозяйственной деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алибеков, Л. А. Природные механизмы опустынивания / Л. А. Алибеков, П. К. Хадыбуллаев // Вестник Российской Академии наук. – 2003. – Т. 73, № 8. – С. 704-711.
2. Дубовик Д. С., Якутин М. В. Геоэкологический мониторинг пастбищ Убсунурской котловины с использованием методов дистанционного зондирования // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 4. – С. 254–258.
3. Носин, В. А. Почвы Тувы / В. А. Носин. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 342 с.
4. Ондар, С. О. Проблемы устойчивости экосистем и оценка их современного состояния / С. О. Ондар, Н. И. Путинцев, А. Ч. Ашак-оол и др. / Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2000. – 182 с.
5. Хруцкий, В. С. Динамика опустынивания аридных экосистем внутренней Азии / В. С. Хруцкий, Е. И. Голубева // География и природные ресурсы. – 2011. – № 4. – С. 148-156
6. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
7. Якутин, М. В., Дубовик Д. С. Использование данных дистанционного зондирования в мониторинге экосистем Турано-Уюкской котловины // Изв. вузов. Геодезия и картография. – 2012. – № 1. – С. 75–78.
8. Якутин, М. В., Дубовик Д. С. О системе показателей мониторинга экосистем сухих степей // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 2 (18). – С. 94–99.

© Д. С. Дубовик, М. В. Якутин, 2015

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ СКЛОНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОРНОЛЕДНИКОВЫХ БАСЕЙНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО АЛТАЯ

Александр Сергеевич Кузнецов

ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем» СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат географических наук, младший научный сотрудник, тел. (3822)49-22-23, e-mail: kuzgeo@gmail.com

На основе энергетического анализа проведена оценка энергетического потенциала горноледникового бассейна. С использованием полевых наблюдений, ДДЗ и ГИС-программного обеспечения, составлена карта энергетического потенциала рельефа, а также пример его реализации в ходе геоморфологического процесса.

Ключевые слова: энергия рельефа, энергетический потенциал, энергетическая устойчивость.

POWER SUPPLY OF SLOPE PROCESSES IN MOUNTAIN-GLACIAL POOLS OF CENTRAL ALTAY

Alexander S. Kuznetsov

FSBAS Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of Siberian Branch of the Russian Academy of Science SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky avenue, Ph. D., senior research officer, tel. (3822)49-22-23, e-mail: kuzgeo@gmail.com

On the basis of energy analysis the energy potential of mountain-glacial pool have been assessed. With the help of field observations, remote sensing data and GIS software, a map of the energy potential of relief, as well as an example of its implementation in the geomorphological processes.

Key words: energy of topography, energy potential, energy stability.

В настоящее время наиболее важное в практическом отношении значение приобретают знания о динамике геоэкологической емкости среды и ее изменении под влиянием техногенной деятельности. Традиционные методы в изучении геоэкологической емкости предполагают описание каждой из составляющих ее систем и элементов в отдельности, в соответствии с методологическими требованиями различных научных методик: для биоты и косных систем они существенно различаются и не могут характеризоваться в одних и тех же единицах измерения. Вызывают затруднения и сравнение динамики геоморфологических процессов, обусловливаемых эндогенным и экзогенным действием сил. Это противоречие можно преодолеть, если динамику составляющих геоэкологическую емкость систем характеризовать в энергетических единицах измерения в Джоулях (Дж) [1]. Автор не ставил своей целью дать исчерпывающую характеристику данной проблемы, в силу того, что ее научная разработка находится лишь в самом начале. Цель рассмотрения некоторых составляющих экзогенных процессов пространственного перераспределения вещества и рельефообразования состояла в том, чтобы на этом примере выявить принципиальную возможность применения новой методики и дать предварительную оценку ее практической значимости.

В качестве объекта исследования был выбран горноледниковый бассейн Актру (юго-восток Центрального Алтая). Рельеф территории, частью которого является горноледниковый бассейн Актру (далее Актру), был создан дифференцированными сводово-глыбовыми тектоническими деформациями земной коры. Вся совокупность процессов пространственного перераспределения продуктов выветривания в этом районе осуществляется за счет расходов потенциальной гравитационной энергии, накопленной эндогенными процессами [2].

Потенциальная энергия, применительно к процессам рельефообразования – это энергия, создаваемая гравитационными силами поднятого над поверхностью сравнения геологического тела. Работа гравитационных сил, т.е. затраты энергии на перемещение вещества, зависит только от начального и конечного положения тела (оно не зависит от формы поверхности). В данном случае поверхностью сравнения обоснованно считается базисная поверхность, в заданном пространстве (границах) образуемая множеством точек по абсолютной высоте, равной высоте тальвегов речных долин. Ее можно получить геометрическим вычитанием положительных форм рельефа – водоразделов всех порядков [1].

Другой поверхностью сравнения является вершинная поверхность в тех же границах, образуемая множеством точек, по абсолютным высотам соответствующая высотам водоразделов; она может быть получена также вычитанием отрицательных форм рельефа – речных долин. Таким образом, можно определить объем (V) геологического тела, его массу (m) и высоту (h) центра тяжести поднятого тектоническими процессами блока земной коры по формуле:

$$E = \rho V g h / 2, \quad (1)$$

где ρ – плотность (в среднем для Актру 2700 кг/м^3 , для осыпей и моренных участков средняя плотность составляет 1800 кг/м^3) и (V) объём горных пород, среднее превышение над базисной поверхностью h , g – ускорение силы тяжести.

Абсолютная высота базисной поверхности в границах рассматриваемой территории составляет 2000 м , вершинная поверхность, в пределах которой сохранились фрагменты меловой поверхности выравнивания, составляет в среднем 3500 м . В таком случае потенциальная энергия E , созданная эндогенными силами, составляет $12,50 \cdot 10^{11} \text{ МДж}$. Это энергетический потенциал слаборасчленённого блока земной коры, выведенного в сферу эрозионного преобразования. Таким образом, энергетический потенциал территории является энергией, запасённой в формах рельефа, которая используется в дальнейшем для развития и обеспечения динамики процессов (в данном случае экзогенного рельефообразования).

Для наглядного представления распределения энергетического потенциала в пределах границ Актру были выделены участки, где господствующим является определённый геоморфологический процесс. Для каждого из участков определены относительная высота (h) над базисной поверхностью, площадь (S). При вычислении массы горных пород была взята средняя плотность 2700 кг/м^3 . На основании полученных данных была составлена карта распределения удельного энергетического потенциала ($E_{уд} = E/S$) в пределах Актру (рис.).

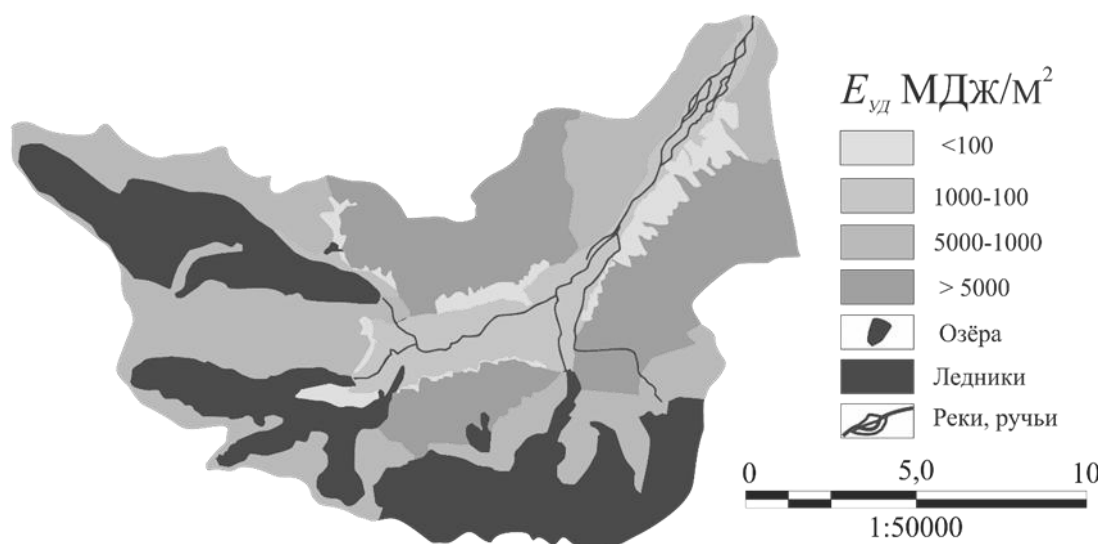


Рис. Карта-схема плотности энергетического потенциала ($E_{уд}$) горноледникового бассейна Актру (пояснения в тексте) [1]

Карта-схема составлена на топографической основе масштаба 1:25000, морфометрические характеристики форм рельефа были получены в ходе экспедиционных исследований, обработка статистической информации, ДДЗ и составление тематических баз данных, осуществлялась с использованием ГИС-программного обеспечения “ArcGIS 10.2”. Карта составлена по способу картограммы в следующей градации: $E_{уд} > 5000$ МДж – высокое значение (участки с интенсивным развитием экзогенных процессов. Расход энергетического потенциала выражается в частых камнепадах, обвалов горных пород и снежноледовых масс); 5000–1000 – умеренное (участки с достаточно интенсивным протеканием экзогенных процессов, с периодическими обвалами горных пород и снежных масс, а также интенсивным развитием солифлюкции); 1000–100 – низкое (участки с интенсивным развитием солифлюкции, селевых и оползневых процессов, приурочены в основном к местам распространения аккумулятивных тел); <100 – очень низкое (районы с менее интенсивным развитием экзогенных процессов, это, в основном, морены, выровненные водораздельные поверхности, долинный зандр) [2].

Согласно [1, 2], расход потенциальной энергии на перемещение продуктов денудации при формировании рельефа Актру составляет $7,27 \cdot 10^5$ МДж. Т.е. энергия, затраченная на перенос объема вещества (около 19 км^3), за счёт чего и образованы все отрицательные формы рельефа.

Нами были проведены оценки расхода энергетического потенциала при движении материала аккумулятивных склонов в Актру.

Потенциальная энергия, накопленная конусом аккумулятивными склонами, расходуется в процессе движения деятельного слоя осей. Трансформацию потенциальной энергии в кинетическую можно выразить через коэффициент реализации энергетического потенциала (K_p) [3]

$$K_p = V/l, \quad (2)$$

где V – скорость перемещения материала; l – длина склона. Поскольку расход энергии во время действия процесса не может быть больше энергетического потенциала, то величина коэффициента реализации всегда меньше единицы.

Показателем энергетической эффективности процессов может служить максимально полезная работа (A), произведённая в процессе движения материала, слагающего осыпной аккумулятивный склон, и удельная работа ($A_{уд}$), приходящаяся на 1 м^2 поверхности. Данный показатель складывается из произведения величины накопленной потенциальной энергии (E , $E_{уд}$) и коэффициента ее реализации (K_p). [3]:

$$A = EK_p. \quad (3)$$

$$A_{уд} = E_{уд}K_p. \quad (4)$$

Максимально полезная удельная работа ($A_{уд}$) является показателем, которым можно оценить энергетику любого процесса, протекающего в рассматриваемой геоморфосистеме. Величина этого показателя будет возрастать в зависимости от интенсивности протекающего процесса.

На основе данных, полученных в результате экспедиционных исследований динамики осыпных аккумулятивных склонов в горно-ледниковом бассейне Актру, по формулам 1–4 были определены энергетические характеристики осыпей, которые представлены в табл.

Таблица

Энергетические характеристики динамики осыпных аккумулятивных склонов горноледникового бассейна Актру [3]

№ осыпного склона	E , кДж	$E_{уд}$, кДж/м ²	K_p	A , кДж	$A_{уд}$, кДж/м ²
1	$15,60 \cdot 10^6$	954,14	0,005	$78,0 \cdot 10^3$	4,771
2	$22,60 \cdot 10^6$	1287,20	0,011	$248,60 \cdot 10^3$	14,160
3	$19,540 \cdot 10^6$	1058,0	0,016	$312,640 \cdot 10^3$	16,930

В ходе оценки также рассматривался ряд факторов, которые влияют на приход энергии извне в систему. Эти факторы представлены:

- 1) характером растительного покрова деятельного слоя;
- 2) глубиной прохождения изотермы июля 0° и трением на этой границе;
- 3) величиной угла внутреннего трения и сцепления грунта;
- 4) воздействием внешних факторов по отношению к геосистеме экзогенных агентов, влияющих на баланс вещества на его границах [3].

Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольший запас E и $E_{уд}$ соответствует осыпям № 2, которые находятся на склоне северо-западной экспозиции, так как на них приходится более значительная доля теплового потока в течение дня, чем на склоны, которые в светлое время суток большую часть времени находятся в тени.

Основным параметром реализации $E_{уд}$ служит движение материала осыпи. У группы осыпей № 1, располагающихся на склоне северной экспозиции, отмечается весьма незначительное движение обломков горных пород – до несколь-

ких десятков сантиметров в год. На противоположном склоне № 2 скорость движения обломков составляет до нескольких метров в год. Причем максимальные скорости движения отмечаются на тех осыпях, которые сложены в основном мелкообломочным материалом, а иногда случаются достаточно сильные подвижки материала, которые принимают характер селевых потоков. Максимальные значения K_p , характерные для осыпей №3 склон западной экспозиции, у которых отмечаются более высокие скорости движения материала (2,5 м/год), слагающего осыпной аккумулятивный склон. Поэтому, $A_{уд}$ отличается более высокими значениями, т.к. затраты энергии на преодоление внутренних сил (трение и сцепление) меньше, чем у осыпей противоположных склонов (№ 1 и № 2). У осыпного склона №1 скорость движения и мощность слоя осыпного материала невелики, вследствие чего и значение $A_{уд}$ самое минимальное.

Сравнивая значения $A_{уд}$, мы можем охарактеризовать степень реализации энергии накопленной системой: чем больше значение этого показателя при максимальном значении накопленной потенциальной энергии, тем, с позиции энергетического подхода, эффективнее протекает данный процесс

Данный показатель также характеризует энергетическую устойчивость рельефа. Под энергетической устойчивостью мы понимаем степень реализации геосистемой накопленного энергетического потенциала. Иными словами, чем выше значение $A_{уд}$ при данном значении $E_{уд}$, тем система более устойчива, и наоборот, чем меньше значение $A_{уд}$ при данном значении $E_{уд}$, тем система, в энергетическом плане, менее устойчива [3].

Применение предлагаемого подхода позволяет раскрыть динамику современных экзогенных процессов, прогнозировать поведение той или иной геоморфосистемы в настоящее время и оценить влияние климатических колебаний на развитие процессов современного рельефообразования.

Карта энергии рельефа исследуемой территории является зеркалом, отражающим скорость и особенности динамики современных экзогенных процессов: чем больше запас потенциальной энергии в рельефе, тем интенсивнее будут протекать современные процессы экзогенного рельефообразования [2].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-05-98060 р_сибирь_a)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Кузнецов А.С., Поздняков А.В. Динамика развития геоморфосистем как бинарных структур, функционирующих с насыщением (на примере горноледникового бассейна Актру) // Современные проблемы науки и образования (Электрон. науч. журнал). – 2012. № 2; URL: <http://www.science-education.ru/102-5901> (дата обращения: 06.04.2012).

2. Кузнецов А.С. Энергетический подход в геоморфологическом картографировании // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: www.science-education.ru/120-16839 (дата обращения: 12.03.2015).

3. Кузнецов А.С., Невидимова О.Г. Энергетическая оценка динамики осыпных аккумулятивных склонов верховий горноледникового бассейна р. Актру // Вестник ТГУ №338, 2010. – С. 227–230

© А. С. Кузнецов, 2015

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К СЕМИПАЛАТИНСКОМУ ИСПЫТАТЕЛЬНОМУ ПОЛИГОНУ

Назира Адамбековна Кудеринова

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, 071412, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 А, кандидат технических наук, зав. кафедрой дизайна и геодезии, тел. (7779)97-36-31, e-mail: Kudnazira@mail.ru

Айтбек Калиевич Какимов

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, 071412, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 А, доктор технических наук, декан факультета информационно-коммуникационных технологий, тел. (7772)42-57-92

Серикбек Мухаметсадыкович Кудеринов

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, 071412, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 А, старший преподаватель кафедры геодезии и строительства, тел. (7222)358-438, e-mail: kudinovs@mail.ru

Жанат Зекеновна Толеубекова

Карагандинский государственный технический университет, 100027, Казахстан, г. Караганда ул. Ленина 72, кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. (7212)567-588, e-mail: jtoleubekova@mail.ru

Камила Саниярбековна Исабекова

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, 071412, Казахстан, г. Семипалатинск, ул. Глинки, 20 А, студент специальности «Геодезия и картография», тел. (7222)358-438, e-mail: kudnazira@mail.ru

Приведены данные радиоэкологических исследований о степени загрязнения радионуклидами сельскохозяйственной продукции на территориях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону.

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон (СИП), цезий, стронций, америций, гамма-спектрометр, альфа-спектрометр.

RADIO ECOLOGICAL SITUATION OF TERRITORIES ADJACENT TO SEMIPALATINSK TEST PROVING GROUND

Nazira A. Kuderinova

The Semey state university named after Shakarim, 071412, Kazakhstan, Semey, 20A Glinka St., Candidate of Technical Sciences, department chair of geodesy and construction, tel. (7222)358-438, e-mail: kudnazira@mail.ru

Aytbek K. Kakimov

The Semey state university named after Shakarim, 071412, Kazakhstan, Semey, 20A Glinka St., Doctor of Engineering, professor, dean of faculty of information and communication technologies, tel. (7222)358-466

Serikbek M. Kuderinov

The Semey state university named after Shakarim, 071412, Kazakhstan. Semey, 20A Glinka St., senior teacher of department of geodesy and construction, tel. (7222)358-438, e-mail: kudinovs@mail.ru

Zhanat Z. Toleubekova,

KGTU, Kazakhstan, Karaganda, 72 Lenin St., Candidate of Technical Sciences, associate professor of surveying business and geodesy, tel. (7212) 567-588, e-mail: jtoleubekova@mail.ru

Kamila S. Issabekova

The Semey state university named after Shakarim, 071412, Kazakhstan. Semey, 20A Glinka St., student of the specialty «Geodesy and Cartography», tel. (7222)358-438, e-mail: kudnazira@mail.ru

Data of radio ecological researches on extent of pollution by radionuclides of agricultural production are given in the territories adjacent to Semipalatinsk Test proving ground.

Key words: The Semipalatinsk Test Site (STS), caesium, strontium, americium, a gamma spectrometer, an alpha spectrometer.

Республика Казахстан - страна, широко представленная всеми видами событий, связанных с ядерной энергией. Это и военные ядерные испытания, и мирные ядерные взрывы, а также добыча и переработка урана. С момента закрытия полигона до настоящего времени казахстанскими учеными совместно с международным научным сообществом получен большой объем информации относительно текущей радиационной обстановки на СИП и прилегающих территориях. Выявлены все значимые участки радиоактивного загрязнения, выявлены основные пути и механизмы текущего и потенциального распространения радиоактивных веществ.

Учеными Национального ядерного центра были проведены масштабные исследования по исследованию современного радиоэкологического состояния окружающей среды.

Одним из основных факторов, обеспечивающих сохранение здоровья и высокой трудоспособности человека, является рациональное питание [1]. Одним из действенных средств поддержания здоровья человека в условиях возросшей экологической нагрузки является качественное питание.

Пищевое сырье и продукты питания содержат обширный перечень чужеродных веществ (токсины микроорганизмов, микотоксины, тяжелые металлы, антибиотики, гормональные препараты, регуляторы роста растений, пестициды, удобрения, радионуклиды и др.). Они усиливают химическую нагрузку пищи и могут оказывать влияние на питательный гомеостаз.

При повышении оптимальной физиологической концентрации элемента в организме может наступить интоксикация, а дефицит многих элементов в пище и воде может привести к тяжелым и трудно распознаваемым явлениям недостаточности [1].

В растения радионуклиды попадают в результате загрязнения воздуха, почвы. Растения по мере накопления радиоактивных веществ располагаются

в порядке: капуста - свекла - картофель - пшеница - естественная травяная растительность.

Нерастворимые радионуклиды загрязняют растения с поверхности, растворимые - поглощаются через листья, плоды, стебли.

Степень поступления из почвы зависит от её типа. Наименьший переход радиоактивных веществ в растения на чернозёмах, наибольший в регионах с торфяно-болотистыми почвами.

В организм животных могут попадать через желудочно-кишечный тракт, органы дыхания, кожные покровы, а также с загрязнёнными кормами и водой.

Накопление в организме животных и переход в продукты животного происхождения зависит от свойств радиоактивного вещества, возраста животного и его состояния.

Водные пищевые цепи не являются важным источником облучения человека радиоактивными веществами. Это зависит от свойств воды, pH, химического состава. Слабая минерализация воды способствует более высокому накоплению радиоактивных веществ гидробионтами. Рыбы пресноводных водоёмов накапливают эти вещества в десятки раз больше.

Для оценки уровней загрязнённости сельскохозяйственной продукции растительного происхождения необходимы данные по концентрации радионуклидов в почвах исследуемой территории и коэффициенты перехода ($K_{п}$) радионуклидов в различные виды растениеводческой продукции:

$$K_{п} = \frac{C_{раст}}{C_{почва}},$$

где $K_{п}$ - коэффициент перехода;

$C_{раст}$ - концентрация радионуклидов в растении (Бк/кг);

$C_{почва}$ - концентрация радионуклидов в почве [2].

В 2009 г. МАГАТЭ опубликованы материалы "Количественные параметры переноса радионуклидов в наземной и пресноводной окружающей среде для радиологической оценки", в которых приведены $K_{п}$ радионуклидов в растениеводческую продукцию (табл. 1) [3].

Таблица 1

Коэффициенты перехода ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am в растениеводческую продукцию

Вид продукции	$K_{п}$		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Зерновые злаки	$4,3 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
Кукуруза	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-1}$	$9,6 \cdot 10^{-4}$
Листовые овощи	$1,8 \cdot 10^{-1}$	2,0	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Плоды (помидоры, огурцы)	$9,4 \cdot 10^{-2}$	1,5	$7,9 \cdot 10^{-4}$
Бобовые (семена)	$4,3 \cdot 10^{-2}$	1,5	$4,8 \cdot 10^{-4}$
Картофель (клубни)	$4,6 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-4}$
Корнеплоды (корни)	$5,3 \cdot 10^{-2}$	1,3	$8,6 \cdot 10^{-4}$

Для оценки уровней загрязненности сельскохозяйственной продукции растительного происхождения использовались данные о средней концентрации радионуклидов в почвах исследуемой территории и коэффициенты перехода (K_p) радионуклидов в различные виды растениеводческой продукции, принятые на основании анализа литературных данных и результатов исследований на СИП. В табл. 2 приведены результаты прогнозируемой концентрации радионуклидов в растениеводческой продукции, в случае ее производства на СИП и допустимые значения содержания радионуклидов в пищевых продуктах, согласно СанПиН 4.01.071.03 [4].

Таблица 2

Прогнозируемое содержание радионуклидов в растениеводческой продукции (на сырую массу) в случае ее получения на исследуемой территории (расчет на основании средних концентраций радионуклидов в почве исследуемой территории)[3]

Вид продукта	Прогнозируемая концентрация, Бк/кг (допустимая концентрация, Бк/кг)		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Зерновые злаки			
Рожь	$4,3 \cdot 10^{-1}$ (70)	$5,6 \cdot 10^{-1}$ (40)	$4,2 \cdot 10^{-3}$ (4,0)
Пшеница	$4,4 \cdot 10^{-1}$ (70)	$5,7 \cdot 10^{-1}$ (40)	$4,3 \cdot 10^{-3}$ (4,0)
Ячмень	$6,6 \cdot 10^{-1}$ (70)	$5,6 \cdot 10^{-1}$ (40)	$4,2 \cdot 10^{-3}$ (4,0)
Овес	$8,2 \cdot 10^{-1}$ (70)	$5,6 \cdot 10^{-1}$ (40)	$4,2 \cdot 10^{-3}$ (4,0)
Кормовая продукция			
Сено (степное разнотравье)	$3,4 \cdot 10^{-1}$ (74)	4 (111)	$8 \cdot 10^{-2}$ (11,1)
Кукуруза	1,1 (70)	1,4 (40)	$7,1 \cdot 10^{-2}$ (4,0)
Листовые овощи			
Капуста	$9,7 \cdot 10^{-2}$ (600)	$9,6 \cdot 10^{-1}$ (200)	$8,3 \cdot 10^{-6}$ (20)
Шпинат	$6,5 \cdot 10^{-2}$ (600)	$6,4 \cdot 10^{-1}$ (200)	$5,5 \cdot 10^{-6}$ (20)
Листовой сельдерей, салаты	$4,9 \cdot 10^{-2}$ (600)	$4,8 \cdot 10^{-1}$ (200)	$4,1 \cdot 10^{-6}$ (20)
Бобовые			
Фасоль, горох	$1,6 \cdot 10^{-1}$ (50)	5,1 (60)	$1,2 \cdot 10^{-1}$ (6,0)
Плодовые овощи			
Помидоры, перец, баклажаны	$2,5 \cdot 10^{-2}$ (600)	$3,6 \cdot 10^{-1}$ (200)	$1,4 \cdot 10^{-5}$ (20)
Огурцы	$2,1 \cdot 10^{-2}$ (600)	$3,0 \cdot 10^{-1}$ (200)	$1,3 \cdot 10^{-5}$ (20)
Корнеклубнеплоды			
Картофель	$1,2 \cdot 10^{-1}$ (120)	$4,5 \cdot 10^{-1}$ (40)	$5,5 \cdot 10^{-5}$ (4,0)
Свекла (корнеплоды)	$9,4 \cdot 10^{-2}$ (600)	$8,4 \cdot 10^{-1}$ (200)	$3,9 \cdot 10^{-5}$ (20)
Морковь (корнеплоды)	$8,2 \cdot 10^{-2}$ (600)	$7,3 \cdot 10^{-1}$ (200)	$3,5 \cdot 10^{-5}$ (20)
Примечание: допустимые уровни для кормовой растительности (трава, сено) установлены Минсельхозом Республики Казахстан (^{137}Cs -74 Бк/кг, ^{90}Sr – 111 Бк/кг) [23].			

Для оценки содержания радионуклидов в животноводческой продукции, как и растениеводческой, используются коэффициенты перехода (отношение концентрации радионуклидов в продукции животноводства к суточному поступлению с рационом). В опубликованных МАГАТЭ в 2009 г. материалах [5]

приведены коэффициенты перехода радионуклидов в животноводческую продукцию (табл. 3).

Таблица 3

Коэффициенты перехода ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^{241}Am в животноводческую продукцию [6]

Вид продукции	Кп		
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{241}Am
Крупный рогатый скот			
Молоко	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
Мясо (говядина)	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Овцы			
Молоко	$7,7 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	-
Мясо (баранина)	$2,7 \cdot 10^{-1}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Козы			
Молоко	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$6,9 \cdot 10^{-6}$
Мясо	$4,8 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	-
Домашняя птица			
Мясо	3,0	$2,3 \cdot 10^{-2}$	-
Яйца	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-1}$	-

В 2008 году на базе Семипалатинского государственного университета м. Шакарима была создана лаборатория инженерного профиля, которая впоследствии получила название «Научный центр радиоэкологических исследований». Основная цель создания лаборатории: разработка комплекса мер по обеспечению радиационной безопасности на основе изучения зараженности радионуклидами поверхностных слоев почвы, а также наземных и подземных источников воды, передачи радионуклидов к биологическим объектам, степени их накопления в сырье животного и растительного происхождения, ветеринарно-санитарная экспертиза продуктов животного и растительного происхождения и разработка методов ремедиации на Северо-Востоке Казахстана, а также улучшение медико-экологических и социально-экологических факторов, оказывающих влияние на качественный уровень жизнедеятельности населения региона.

Оценка содержания радионуклидов в объектах окружающей среды проводятся поверенными и внесенными в Госреестр средств измерений Казахстана приборами с соответствии с утвержденными методиками.

В лаборатории гамма-спектрометрии проводятся работы для определения гамма-излучений исследуемых объектов. Основная задача: выявление конкретных радиоизотопов по характерной энергии.

Спектрометр - устройство, которое позволяет измерять распределение радиоактивного излучения по энергии (гамма-, альфа-спектрометры), массе и заряду (масс-спектрометры).

Гамма-спектрометр позволяет выявить в смеси гамма-излучающих радионуклидов присутствие конкретных радиоизотопов по характерной энергии. Она может быть подразделена по функциональному назначению: измерение радиоактивности газов и аэрозолей; измерение радиоактивности жидких и сыпучих

материалов; измерение радиоактивного загрязнения поверхностей; индивидуальные средства измерения, постоянно носимые человеком.

Лаборатория альфа-спектрометрии предназначена для определения альфа-излучений исследуемых объектов. Основная задача: количественный и качественный анализ альфа-излучающих радионуклидов.

Альфа-спектрометрия - метод, применяемый для регистрации альфа-излучения. Этот метод обычно применяется для измерения отдельных актиноидов в природных образцах и биологических пробах, а также для непосредственного измерения фильтров. Регистрация излучения осуществляется полупроводниковым кремниевым детектором. Преимуществами альфа-спектрометрии являются высокое энергетическое разрешение (15-30 кэВ) и низкий уровень фона (0.003-0.01 имп/мин).

Для получения коэффициентов перехода в сельскохозяйственную продукцию животного происхождения на территории СИП были проведены натурные эксперименты с сельскохозяйственными животными. В качестве экспериментальных животных выбраны двухгодовалые бараны казахской курдючной грубошерстной (Шдильбаевской) породы. В первом случае животные выпасались в условиях радиоактивного загрязнения [6, 7]. Во втором кормление радиоактивным рационом проводилось стойловым способом [7]. На основании полученных данных о среднесуточном поступлении радионуклидов в организм экспериментальных животных и концентрации радионуклидов в тканях и органах рассчитаны коэффициенты перехода (Кп) радионуклидов из рациона в ткани и органы сельскохозяйственных животных. Коэффициенты, полученные при выпасе и стойловом кормлении, имеют близкие значения [7].

Полученные значения возможного содержания радионуклидов в мясе сельскохозяйственных животных, выпасаемых в зоне повышенной концентрации трансураниевых элементов, не превышают допустимых значений, несмотря на то, что расчеты производились для животных, выпасающихся исключительно на такой территории. В реальных условиях выпас сельскохозяйственных животных только в зоне повышенных концентраций радионуклидов в течение длительного времени невозможен ввиду невысокой продуктивности степных пастбищ и низкого коэффициента полноты их использования (40-50 %) [2].

Таким образом, проведенные исследования сотрудниками НЯЦ показали, что в сельскохозяйственной продукции как растительного, так и животного происхождения, получаемой на территории СИП концентрация радионуклидов не будет превышать установленных норм, несмотря на то, что для расчетов использовались самые консервативные значения используемых параметров [2, 8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. К вопросу о продовольственной безопасности в Казахстане / Салханова А.Б., Бисенкулова Д.У., Бигазилова С.К. // Материалы конф. «Актуальные проблемы производства продуктов питания в условиях глобализации экономики» 15-16 октября.- Семей: СГУ имени Шакарима, 2012.- С. 111-112.

2. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана. Выпуск 1. Изд.2. Радиоэкологическое состояние «северной» части территории Семипалатинского испытательного полигона/ под рук. Лукашенко С.Н. - Павлодар: Дом печати, 2011. – 296 с.

3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Quantification of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments for radiological assessments. IAEA -TECDOC - 1616. - Vienna: IAEA. 2000.

4. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Санитарные правила и нормы №4.01.071.03: утв. Приказом министра здравоохранения Республики Казахстан от 11 июня 2003 г. №447.

5. Санжарова П.И. Формы нахождения в почвах и динамика накопления ^{137}Cs в сельскохозяйственных культурах после аварии на Чернобыльской АЭС/ Н.И. Санжарова. СВ. Фесенко, К.Б. Лисянский и др.// - М.: Почвоведение. - 1997. -№2.- С. 162-163.

6. Комплексное изучение миграции радионуклидов в почве, воде, растениях, животных и влияние малых хронических доз радиации на биологические объекты в местах водопроявлений штолен горного массива: Отчет о научно-технической деятельности Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, выполненного по НТП 0346 «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» за 2007-2008 гг.: отчет заключительный/ рук. Лукашенко С.Н.// - Курчатов: Фонды ИРБЭ, 2008. - 67 с.

7. Амирбеков Ш.А., Дюсембаев С.Т., Амирханов К.Ж., Какимов А.К., Есимбеков К.Ж. «Научный центр радиоэкологических исследований. Современная радиоэкологическая обстановка на территориях, прилегающих к Семипалатинскому испытательному ядерному полигону» Монография/ Ш.А.Амирбеков, С.Т.Дюсембаев, К.Ж.Амирханов, А.К.Какимов, К.Ж. Есимбеков – Алматы, 2013. - 358 с.

8. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Бепеева А.Е., Есимбеков Ж.С. «Радиоэкологическая обстановка на территориях близ Семипалатинского испытательного ядерного полигона» Аналитический обзор/ А.К.Какимов и др. - Семей, 2014. – 59

© Н. А. Кудеринова, А. К. Какимов, С. М. Кудеринов,
Ж. З. Толеубекова, К. С. Исабекова, 2015

ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ ГУМУСА ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Борис Максимович Кленов

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 8/2, доктор биологических наук, старший научный сотрудник; Сибирский государственный университет геосистем и технологий, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, тел. (913)956-19-88, e-mail: kbm1825@ngs.ru

На примере выщелоченных черноземов Западной Сибири показан выход почвы на новое стационарное состояние. Установлено, что содержание гумуса в старопахотных почвах необходимо поддерживать на уровне сложившихся за многие годы минимальных потерь его.

Ключевые слова: потери гумуса, гуминовые кислоты, неорошаемое земледелие, орошаемое земледелие.

DEBATABLE PROBLEMS OF HUMUS OF LEACHED CHERNOZEMS OF WESTERN SIBERIA

Boris M. Klenov

Institute of Soil Science and Agrochemistry of SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, Academician Lavrentiev Avenue 8/2, Doctor of Biology, senior researcher; Siberian State University of Geosystems and Technologies, Doctor of Biology, prof. of Chair of Ecology and Nature Use, tel. (913)956-19-88, e-mail: kbm1825@ngs.ru

By example of leached chernozems of Western Siberia the appearance of the soil on new stationary state was shown. It was established that humus content in arable soils should be maintained at the level of fixed many years minimum its losses.

Key words: humus losses, humic acids, dry farming, irrigated farming.

Общеизвестно, что при введении почв в сельскохозяйственный оборот происходят существенные изменения как в её минеральной, так и органической составляющей. Органическая составляющая почвы, или органическое вещество, состоящее в основном из гумуса, представляет собой наиболее уязвимую часть почвы. Обладая сложной структурой и высокой химической активностью гумус в целом, и в особенности гуминовые кислоты (ГК) реагируют на все виды антропогенного воздействия. В результате распашки почвы и длительного её использования впоследствии в земледельческой практике за счет усиления процессов окисления происходят, как правило, существенные потери всех компонентов гумуса. Кроме потерь гумуса за счет повышенного окисления, т.е. так называемых биологических потерь, в освоенных почвах в той или иной степени проявляются эрозионные процессы, когда вместе с твердой фазой из почвы теряется и органическое вещество. На фоне общих потерь гумуса, идущих за счет окисления и эрозии, происходят изменения и в качественном составе гумуса и даже в самой природе гумусовых

кислот. По такой схеме идут изменения органического вещества в целом во всех почвах после их освоения. Вопрос представляется вполне ясным. В действительности же механизм потерь гумуса из почвы и в связи с этим восстановления плодородия почвы ещё не раскрыты полностью и являются предметом многих дискуссий.

В качестве примера приведем выщелоченные черноземы Приобского плато, где они составляют основной почвенный фон. На данной территории ИПА СО РАН проводит исследования по изучению свойств почвы под влиянием длительной земледельческой практики и орошения с середины 80-х годов прошлого столетия. К тому времени черноземы около столетия использовались в земледельческой практике. Подавляющая часть пашни здесь используется для возделывания главной продовольственной культуры – яровой пшеницы, а также кормовых культур – многолетних и однолетних трав, зернобобовых, кормовой и сахарной свеклы, кукурузы на силос. Необходимо отметить, что высокое потенциальное плодородие упомянутых черноземов и их агропроизводственные возможности сдерживаются недостаточной влагообеспеченностью. Поэтому продуктивность многих сельскохозяйственных культур, особенно кормовых, на черноземах низкая и не соответствует тепловым ресурсам территории. Для улучшения водного режима территории и создания на ней массивов с повышенной устойчивой продуктивностью в последние четыре десятилетия применяется орошение с использованием местных речных вод.

Фактически орошение чернозема выщелоченного наложилось на уже значительно измененный столетним использованием в богарном земледелии фон, что привело к дальнейшему расшатыванию всей системы гумусовых соединений. Размер потерь органического вещества изучали путем сравнения данных фракционно-группового состава гумуса на неорошаемом, орошаемом в течение 12 лет и целинном участках. Через 20 лет потери гумуса были повторены. За этот срок состав гумуса практически остался без изменения, варьирования данных наблюдались в пределах точности метода определения углерода в фракционно-групповом анализе. В случае неорошаемого варианта черноземов потери гумуса за столетие составляли 0,66 т/га/год [1]. На орошаемом варианте потери составляли 0,89 т/га/год. Через 20 лет, т.е. когда длительность срока орошения составила 32 года, а неорошаемого земледелия 120 лет, потери даже несколько снизились и составляли соответственно 0,51 и 0,73 т/га/год. Можно считать, что неорошаемый вариант чернозема давно вышел на новый стационарный уровень, т.к. за последние 20 лет в составе гумуса никаких существенных изменений не произошло [2]. Орошаемый вариант вышел на новый равновесный уровень, вероятно, в течение первого десятилетия после введения орошения. Наиболее убедительно об этом свидетельствуют данные о практически неизменившемся элементном составе гуминовых кислот, в частности, о неизменившейся степени ароматизации гуминовых кислот [3], которая, как известно, наиболее чувствительна к изменению экологических условий.

Время выхода почвы на новый стационарный уровень зависит от многих причин, в основном, прежде всего, играют роль физические, химические и биологические свойства почвы, а также культура земледелия. В данном случае на юге Западной Сибири через 120 лет получены черноземы выщелоченные, которые при несистематическом и ненормированном применении органических удобрений потеряли 1/3 органического вещества. Следует также отметить, что это существенная потеря органического вещества за сравнительно короткий отрезок времени произошла также за счет повышенной эрозионной опасности данного региона, о чем отмечалось ранее на примере ряда исследований [1]. Эрозионная опасность территории, видимо, обуславливает более высокую и быструю потерю гумуса. Достаточно отметить, что в Европейской части России выщелоченные черноземы ровных водоразделов также потеряли 1/3 гумуса, но за срок использования почвы вдвое больший, чем в Западной Сибири [4]. Это яркий пример того, как в новое качество один подтип почвы вступает в совершенно различные сроки. В любом случае вступление почвы в новое качество связано с потерей гумуса [5]. Это скорей всего объясняется тем, что, как правило, распашка целинных почв бывает без внесения удобрений, а обычно усиленная минерализация да еще на фоне возникновения эрозионных процессов в таких случаях приводит к быстрому падению гумуса. Обзор литературных материалов [1] показывает, что обычно питательных веществ в дернине хватает на 5-6 лет, а впоследствии уже нужно заботиться об их восполнении. Какое количество удобрений необходимо вносить для восстановления плодородия, вопрос очень непростой и даже дискуссионный. Восстанавливать исходное содержание гумуса естественно, нецелесообразно в любом случае. Значит, самый оптимальный вариант, вносить гумуса в размере самых минимальных потерь для предотвращения дальнейших его потерь и дополнительно на планируемый урожай.

Применение органического материала из расчета установившихся к настоящему времени потерь гумуса из почв более реально, поскольку количества, например, традиционного органического удобрения – навоза, для предотвращения дальнейших потерь гумуса не превышают 7 т/га в случае черноземов выщелоченных, выделяющихся наибольшими, по сравнению с другими типами почв, потерями гумуса. Дополнительные дозы органических и минеральных удобрений должны вноситься из расчета на планируемый урожай. Восстановление потерь устойчивых фракций, а, следовательно, и ароматических структур, может быть обеспечено внесением богатых лигнином удобрений – соломы, торфа, удобрений на основе лигнина, опилок, короминеральных компостов. Для восстановления нарушенной алифатической части молекул гумусовых кислот могут быть использованы вермикомпосты, биогу́мус, гумифицированные древесная кора и опилки с добавлением азотных удобрений.

Сохранение исходного содержания гумуса и даже его превышение бывает в очень редких случаях, когда исключаются эрозионные процессы и вносятся

необходимые нормы удобрений из расчета, по крайней мере, на планируемый урожай.

В связи с потерями или восполнением органического вещества небезынтересно отметить совершенно необыкновенно противоположное явление. Например, в долинах южной части горной цепи Анд на протяжении 15 столетий в почвах сохраняется обогащенный гумусом профиль мощностью от 0,3 до 1,3 м [1]. Вместе с тем хорошо известна способность орошаемых сероземов Средней Азии, давность орошения которых насчитывает несколько тысячелетий, сохранять плодородие. В этом случае при орошении почв мутными водами происходит осаждение на её поверхности ирригационного наноса, содержащего органическое вещество. Ежегодная мощность такого наноса составляет 3-3,5 мм. Тысячелетнее непрерывное орошение создало, например, в Вахшской долине и в бассейне р. Сырдарьи ирригационный нанос до 2 м, а в некоторых случаях до 4 м и более [1]. А нормированное орошение при соблюдении агротехнических требований независимо от региона обеспечивает сохранность физико-химических свойств и гумусового уровня.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кленов Б. М. Устойчивость гумуса автоморфных почв Западной Сибири // Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. – 176 с.
2. Кленов Б. М. Органическое вещество черноземов Западной Сибири и антропогенный фактор // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 38–42.
3. Klenov B.M. Humic Acids of Leached Chernozems as influenced by Human Impact // Environment and Natural Resources Research. - 2014. – Vol. 4. – No. 3. – P. 51-55.
4. Чендев Ю. Г., Авилов Н. П. Содержание и запасы гумуса в черноземах разновозрастных пашен // Докл. Российской академии сельхознаук. – 2000. - № 5. – С. 22-24.
5. Ding G., Novak J.M., Amarasiriwardena D., Hunt P.G. and Xing B. Soil Organic Matter as Affected by Tillage Management // Soil Sci. Soc. America Journal. - 2002. - No. 66. – P. 421-429.

© Б. М. Кленов, 2015

МОНИТОРИНГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИИ

Светлана Юрьевна Капустянчик

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства», 630501, Россия, Новосибирская область, Новосибирский район, п. г. т. Краснообск, а/я 356, кандидат биологических наук; старший научный сотрудник, тел. (383)348-12-62, e-mail: kapustjanchiksv@mail.ru

Надежда Ивановна Добротворская

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Сибирский научно-исследовательский институт земледелия и химизации сельского хозяйства», 630501, Россия, Новосибирская область, Новосибирский район, п. г. т. Краснообск, а/я 356, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией рационального землепользования, тел. (383)348-12-62, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

С применением электронной картографии проведена оценка агроландшафтов лесостепи Новосибирского Приобья в пределах ключевого участка. На основе ландшафтного анализа и особенностей структуры почвенного покрова были выделены три агроэкологических вида земель: плакорные земли, плакорные с микрозападинным рельефом, эрозионные.

Ключевые слова: адаптивно-ландшафтные системы земледелия, агроландшафт, структура почвенного покрова, элементарный почвенный ареал, почвенная комбинация, ГИС-технологии.

THE OBSERVATION OF AGRICULTURAL LANDS WITH THE USE OF ELECTRONIC MAPS

Svetlana Yu. Kapustyanchik

The siberian research institute of soil management and chemicalization of agriculture, 630501, Russia, Novosibirsk region, village Krasnoobsk, the candidate of biological sciences, the research associate, (383)348-12-62, e-mail: kapustjanchiksv@mail.ru

Nadezhda I. Dobrotvorskaya

The siberian research institute of soil management and chemicalization of agriculture, Russia 630501, Novosibirsk region, village Krasnoobsk, the doctor of agricultural sciences, head of laboratory, (383)348-12-62, e-mail: dobrotvorskaya@mail.ru

The assessment of agricultural landscapes Ob' forest-steppe carried out using electronic maps on the investigated area. The three agroecological types of lands has been allocated on the basis of landscape analysis and characteristics of the soil cover: the plakor, the plakor with mikropadings and erosion land.

Key words: the adaptive-landscape systems of agriculture, the agricultural landscapes, the structure of the soil cover, the elementary soil area, the soil combination, GIS technology.

На современном этапе развития сельского хозяйства на первый план выступает мониторинг сельскохозяйственных земель. Это связано с преобразова-

нием границ землепользований в перестроечный период, а также развитием и внедрением систем земледелия нового поколения – точного и адаптивно-ландшафтного. Кроме того, за последние 20 лет произошли существенные экологические изменения: снижение плодородия пахотных земель, ухудшение свойств почв, усовершенствование структуры сельскохозяйственных угодий. При переходе к адаптивно-ландшафтному земледелию необходимо знать специфику местных природных ландшафтов. Для этого требуется создание обширной пространственной и тематической информационной базы, анализировать которую удобно с использованием информационных технологий.

В качестве объекта исследований были выбраны агроландшафты на территории Новосибирского Приобья. Цель исследований заключалась в проведении анализа и оценки агроландшафтов с применением ГИС-технологий. Цели соответствовали следующие задачи:

1. создать электронную карту агроландшафтов с атрибутивной информацией;
2. оценить земельные ресурсы с использованием ГИС-технологий.

Информационная база включала бумажную карту рельефа исследуемой территории в масштабе 1:5000. Основной объем информации, используемый в исследовании, обрабатывался и анализировался в ГИС MapInfo, т.к. данный продукт предоставляет достаточно широкие возможности для работы с базами данных, созданными как в самой программе, так и таких программах как Microsoft Excel, Microsoft Access и др.

Объект исследования расположен в Центральном-лесостепном Приобском агроландшафтном районе (согласно районированию СибНИИЗХим [1]) или в Приобском центральном районе (согласно почвенно-географическому районированию [2]) на опытном поле ГНУ СибНИИЗиХ.

Исследования ландшафта и структуры почвенного покрова на ключевом участке проводились в ландшафтной системе, представляющей собой сочетание плакорного участка четвертой речной террасы реки Обь и ее склона к третьей террасе. Общая площадь ключевого участка – 136,65 га.

Начальный этап работы заключался в создании цифровой картографической основы, состоящей из изучения картографического источника, сканирования с разрешением 400 dpi, редактирования и сшивки частей растров в Adobe Photoshop, векторизации информации по растровой подложке в MapInfo и редактировании отвекторизованной информации.

Следующий этап работы состоял в проведении ландшафтного анализа в полевых условиях. В пределах ключевого участка были выделены следующие элементы мезорельефа: слабо выраженная водораздельная часть, осложненная микрозападинами и склон южной экспозиции сложной формы. По характеру микрорельефа водораздельную часть ключевого участка можно разделить на два выдела: центральную часть и северную. Центральная часть водораздела имеет абсолютные высоты 149 -151 м над уровнем моря и характеризуется слабым наклоном поверхности ($0,3^\circ$) на восток. Характер поверхности довольно ровный, хотя встречаются единичные неглубокие (до 1 м) микрозападины об-

щей площадью 1,1 га (рис.). Северный участок водораздела имеет наклон менее $0,5^\circ$. Количество микрозападин и их размеры существенно увеличиваются. На долю блюдцеобразных западин приходится 11% от площади северного участка. Кроме блюдцеобразных понижений появляются и ложбинообразные. На их долю приходится 9%. Южный склон ключевого участка имеет сложную форму: в верхней части он прямой в профиле, угол наклона $1,5^\circ$; средняя часть характеризуется перегибом выпуклой формы с углом наклона 6° ; нижняя часть склона, переходящая в подножие, вогнутая в профиле, имеет угол наклона $2,2^\circ$. Абсолютная высота у подножия склона 134,1 м над уровнем моря. В плане склон в целом имеет собирающую форму.

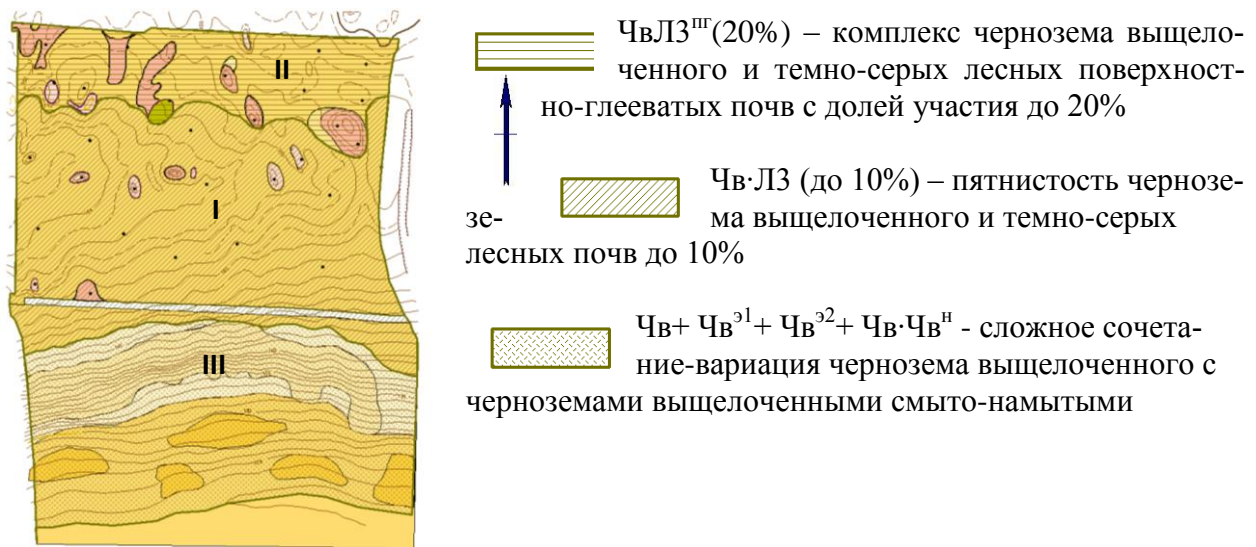


Рис. Почвенный покров и границы почвенных комбинаций с расположением типов земель на исследуемом участке:

I – плакорные земли; II – плакорные микрозападинные земли; III – эрозионные земли

Третий этап работы заключался в оценке почвенного покрова и его структуры. Почвенный покров исследуемого участка представлен почвами, относящимися к трем классификационным типам: черноземам, серым лесным и серым лесным глеевым. Зональными почвами, отражающими особенности процессов почвообразования лесостепи Новосибирского Приобья, являются черноземы выщелоченные. В плакорной части участка они представлены дырчатым ареалом с вкраплениями темно-серых лесных почв (см. рис.). В северной части плакорного участка «дырки» заняты темно-серыми лесными поверхностно-глееватыми почвами. На склоновом участке к выпуклой его части приурочены черноземы выщелоченные среднесмытые, которые сменяются ареалами чернозема выщелоченного слабосмытого. В нижней части склона в локальных микропонижениях сформировались ареалы чернозема выщелоченного намытого.

Основными показателями структуры почвенного покрова являются площадь и периметр элементарных почвенных ареалов, их встречаемость на изучаемой территории, форма, а также геометрические характеристики почвенных

комбинаций, такие как коэффициенты расчлененности контуров, сложности почвенных комбинаций, контрастности и неоднородности [3, 4]. Данные показатели характеризуют дробность почвенного покрова и степень криволинейности границ почвенных контуров, что очень важно для правильного выбора агроприемов. Элементарные почвенные ареалы образуют почвенные комбинации ПК, специфические для разных местоположений объекта исследований. Можно выделить три ПК: комплекс чернозема выщелоченного и темно-серых лесных поверхностно-глееватых почв с долей участия до 20% (ЧвЛЗ^{III}) в северной части плакорного участка, пятнистость чернозема выщелоченного и темно-серых лесных почв до 10%, (Чв·ЛЗ) в центральной части плакорного участка террасы и сложное сочетание-вариация чернозема выщелоченного с черноземами выщелоченными смыто-намытыми (Чв+ Чв^{э1}+ Чв^{э2}+ Чв·Чв^н) в склоновой части ландшафта (см. рис.). Важную роль для выбора правильного способа использования территории и надлежащего способа основной обработки почв играют характеристики сложности, контрастности и неоднородности перечисленных ПК (табл.).

Таблица

Морфометрическая характеристика ПК объекта исследования

Наименование ПК	Площадь ПК, га	n*	S _{ср} , га	КС	КК	КН
Комплекс ЧвЛЗ ^{III} (20%)	21,59	13	1,66	0,95	2,02	1,92
Пятнистость Чв·ЛЗ (до 10%)	48,30	9	5,37	0,23	0,16	0,04
Сложное сочетание-вариация Чв+ Чв ^{э1} + Чв ^{э2} + Чв·Чв ^н	66,76	12	5,56	0,33	4,40	1,46

n* - число ЭПА в почвенной комбинации, S_{ср} - средняя площадь ЭПА, КС – коэффициент сложности, КК – коэффициент контрастности, КН – коэффициент неоднородности.

Для расчета коэффициента контрастности (КК) использовались такие почвенные характеристики, как увлажненность, мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, рН, степень проявления эрозионных процессов. Все почвы по содержанию гумуса относятся к малогумусным, по рН – к нейтральным, поэтому при оценке КК эти показатели не учитывались.

Из таблицы видно, что наибольшей однородностью характеризуется почвенный покров в центральной (плакорной) части изучаемого объекта.

Особенности изучаемого ландшафта и структуры почвенного покрова позволяют выделить три агроэкологических вида земель: плакорные земли, плакорные с микрозападинным рельефом, эрозионные. В соответствии с ландшафтно-экологической классификацией земель [5] первые два вида относятся к агроэкологической группе земель – плакорные, третий к группе эрозионных земель (см. рис.).

ВЫВОДЫ

Основой проведенного мониторинга сельскохозяйственных земель на ключевом участке является электронная карта с банком данных. Проведенная на ее основе типизация агроландшафтов позволяет дать оценку экологического состояния и использования сельскохозяйственных земель. Анализ полученного материала показал, что плакорные земли пригодны для возделывания любых сельскохозяйственных культур. Почвы на таких землях характеризуются высоким почвенным плодородием. Однородность почвенных условий на этой территории является обоснованием для размещения здесь опытного участка [6]. Плакорные микрозападинные земли осложнены наличием большого количества западин и лесных колков, что приводит к увеличению технологических затрат, связанных с траекторией движения сельскохозяйственной техники. Эрозионные земли пригодны для полевых севооборотов с применением почвозащитной обработки почв.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИЗХим. – Новосибирск, 2002. – 388 с.
2. Почвы Новосибирской области. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1966. – 422 с.
3. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова / В.М. Фридланд. – М.: Мысль. – 1972а. – 423 с.
4. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова, задачи и методы ее изучения / В.М. Фридланд // Почвенные комбинации и их генезис. – М.: Наука. – 1972б. – С.9-32.
5. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: методическое руководство / В.И. Кирюшин [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
6. Добротворская Н.И. Изучение структуры почвенного покрова и типизация земель в лесостепи Западной Сибири / Н.И. Добротворская, А.И. Кожевников, В.Т. Усолкин // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Кыргызстана: 8-я Междунар. науч.-практ. конф., Барнаул, 26–28 июля 2005 г. – Т.1 – С. 159–163.

© С. Ю. Капустянчик, Н. И. Добротворская, 2015

УДК: 504.4(574.25)

К ВОПРОСУ ОБ ОПАСНОСТИ РТУТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ РЕКИ ИРТЫШ

Аида Ахметбековна Калиева

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (913)45-30-780, e-mail: Kalieva_aida@mail.ru

Алена Викторовна Ермиенко

Липецкий институт кооперации, филиал Белгородского университета кооперации, экономики и права, 398002, Россия, г. Липецк, ул. Зегеля, 25а, ст. преподаватель кафедры товароведно-технологических дисциплин, тел. (474)233-45-91, e-mail: Alena18er@bk.ru

Приводятся основные результаты балансового и гидрогеологического обследования хлор-щелочного производства ПО «Химпром», рассматриваются прогностические модели шлейфа ртутного загрязнения подземных вод.

Ключевые слова: ртутное загрязнение, подземные воды.

TO THE QUESTION ABOUT DANGERS OF MERCURY CONTAMINATION OF GROUNDWATER IRTYSH RIVER

Aida A. Kaliyeva

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., candidate of geological-mineralogical sciences, assistant professor of ecology and nature, tel. (913)45-30-780, e-mail: Kalieva_aida@mail.ru.

Alena V. Ermienko

Lipetsk Institute of Cooperatives (branch) Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 398002, Russia, Lipetsk, 25a Sögel St., Art. Lecturer, Department of tovarovednyh technological disciplines, tel. (474)233-45-91, e-mail: Alena18er@bk.ru

The main results of the balance and hydrogeological survey chlor-alkali industry «Khimprom», considered predictive models plume of groundwater mercury contamination.

Key words: mercury contamination, groundwater.

ПО "Химпром" г. Павлодар производило хлор и каустическую соду методом электролиза с ртутным катодом с 1975 по 1993 гг. Всего в зале электролиза корпуса 31 было установлено 80 электролизеров СДМ 150–7.3 (в 1975 г. – 72, в 1984 г. – дополнительно 8, после капитального ремонта в 1986 г. в работе постоянно находились 68 электролизеров). Мощность производства была равной 112 700 т каустической соды и 100 000 т хлора в год. По данным /1/ с 1975 по 1989 гг. за 14 лет производства было выпущено 685 525 т каустической соды и израсходовано 1089,356 т ртути. Это составляло удельный расход ртути в 1,589 кг/т, в то время как "научно–обоснованная норма" регламентировала потребление ртути на уровне 0,3 кг/т, "технически обоснованная нор-

ма" – 0,5 кг/т, а "плановая" – 0,76 кг/т. Баланс основных технологических потерь ртути выглядел следующим образом: до 1% потерь приходилось на шламы, накапливаемые и перерабатываемые на производстве, до 2% – на ветвыбросы, до 3% – на шламы, направляемые на переработку на ртутный комбинат, до 4% – на потери, выбрасываемые в атмосферу с водородом, до 12% – на раскисляющие шламы, транспортируемые на спецпруды для твердых и жидких ртутных отходов, до 80% – на неучтенные потери.

В соответствии с «Мероприятиями по разработке решений по защите окружающей среды от загрязнений ртутью при выводе из эксплуатации производства хлора и каустической соды ртутным методом с переводом процесса электролиза на мембранный метод на Павлодарском ПО «Химпром», утвержденными Минхимпромом СССР 31.12.88 г. и Постановлением Главного государственного врача СССР № 89–35 от 12.07.89 «О запрещении производства хлора и каустической соды на Павлодарском ПО «Химпром» были проведены инженерные изыскания.

Основные результаты балансового и гидрогеологического обследования хлор–щелочного производства ПО «Химпром» заключались в следующем: общая оценочная масса ртути, потерянной с 1975 по 1989 гг. во время эксплуатации производства хлора и каустика ПО «Химпром», составляет 1089 т, в том числе с водородом и ветвыбросами – от 14 до 63 т; депонировано в полах и грунтах внутри периметра зала электролиза – от 813 до 866 т; рассеяно по территории, примыкающей к цеху электролиза и отделению термической регенерации, вдоль дорог, на площадке хранения отходов и деталей электролизеров – от 42 до 45 т. Контур загрязненных ртутью подземных вод вытянут от корпуса 31 в западно–западно–северном направлении на 800 м. Общая площадь загрязнения ртутью подземных вод первых горизонтов и верховодки составляет 0,55 км². Объем загрязненных вод для всех горизонтов был оценен в 2,08 млн. м³, в котором ориентировочно содержится около 10,0 т ртути (с концентрацией ртути от 12,5 до 103,0 мг/л и сухим остатком солей 62–72 г/л) в форме хорошо растворимого хлорида ртути (II) – сулемы. В двух картах экранированного спецпруда–накопителя сосредоточены ртутьсодержащие шламы очистки анолита, в которых ртуть находится в виде трудно растворимой соли сульфида ртути (II). Содержание ртути в этих шламах колеблется от 0,01 до 0,33%. Всего в накопителе находится около 140 т солей ртути. В воде карты для жидких отходов спецпруда–испарителя – от 1 до 2 т растворенной ртути; в накопитель Балкылдак ртуть поступала со сточными водами. Среднее содержание ртути в его поверхностных водах 0,01 мг/л, что в 20 раз выше ПДК_в. Исходя из объема сброшенных сточных вод и содержания в них ртути, можно приблизительно оценить общую массу ртути в воде и донных отложениях озера. Оно составляет 10–15 т. Гидрогеологический прогноз дальнейшего распространения ртути по водоносным горизонтам с промплощадки ПО «Химпром» и прилегающей территории показал следующие скорости движения ртути: в верховодке и первом горизонте – 20–46,7 м/год, во втором – 12–28 м/год и в третьем – 46–56 м/год.

В рамках гидрогеологических исследований при моделировании шлейфа ртутного загрязнения подземных вод были рассчитаны три варианта прогноза /2/: первый вариант предусматривал сохранение двух источников загрязнения подземных вод ртутью (под корпусом 31 и в районе 6-й насосной станции), а также сохранение гидрогеологических условий по состоянию на 2001 г. Считалось, что концентрация ртути в источниках будет оставаться постоянной весь прогнозный период. По второму варианту прогноза источник под корпусом 31 был полностью изолирован с помощью "стены в грунте". По третьему варианту сохранялись два источника ртутного загрязнения (под корпусом 31 и в районе 6-й насосной станции), однако имитировалось прекращение подачи воды из реки Иртыш на станцию водоочистки, расположенную западнее промышленной площадки №1 ПО «Химпром».

По результатам моделирования (первый вариант прогноза) установлено, что шлейф загрязненных ртутью подземных вод будет распространяться в северо-северо-западном направлении над слоем глин павлодарской свиты на глубинах от 5 до 15 м (рис. 1, а). Если направление движения подземных вод не изменится, это не будет представлять серьезной угрозы для жителей с. Павлодарское и реки Иртыш. Вместе с тем будет возможно поступление небольшого количества ртути в недостроенный аварийный сбросной канал, проходящий от накопителя Балкылдак в западном направлении. Второй вариант прогноза (рис. 1, б) позволил сделать вывод, что сооружение "стены в грунте" вокруг источника ртути под корпусом 31 не решит полностью проблему улучшения качества подземных вод, так как остается еще один, хотя и менее интенсивный источник загрязнения в районе 6-й насосной станции. Третий вариант прогноза (рис. 1, в) показал, что направление распространения шлейфа ртутного загрязнения подземных вод может измениться при изменении гидрогеологических условий. Прекращение подачи воды на станцию очистки сведет к нулю питание подземных вод на ее территории, что повлияет на конфигурацию поверхности подземных вод и направление их движения. В результате, шлейф загрязнения может сместиться к западу и может возникнуть угроза с. Павлодарское и реке Иртыш. С помощью модели, выполнении проекта «Toxicmanagement», был рассчитан четвертый вариант прогноза распространения шлейфа загрязненных ртутью подземных вод, предусматривающий полную изоляцию с помощью "стены в грунте" двух источников загрязнения (как под корпусом 31, так и в районе 6 насосной станции). Этот вариант прогноза показал, что лишенный обоих источников поступления ртути шлейф уже в 2005 г. распадется на два ореола (рис. 1, г). При этом к 2031 г. южный ореол уменьшится в поперечнике до 100 м с центром, находящимся 100 м восточнее бывшей 6-й насосной станции, а содержание ртути в нем снизится до 2–6 ПДК_в. Северный ореол в это же время будет иметь центр, находящийся 0,5 км западнее спецпрудов, его максимальное распространение – не превысит 0,85 км, а концентрация ртути в подземных водах – не будет составлять значений больше 15–20 ПДК_в. Таким образом, при изоляции обоих источников поступления ртути в подземные воды

риск, исходящий от ртутного загрязнения подземных вод, будет минимизирован.

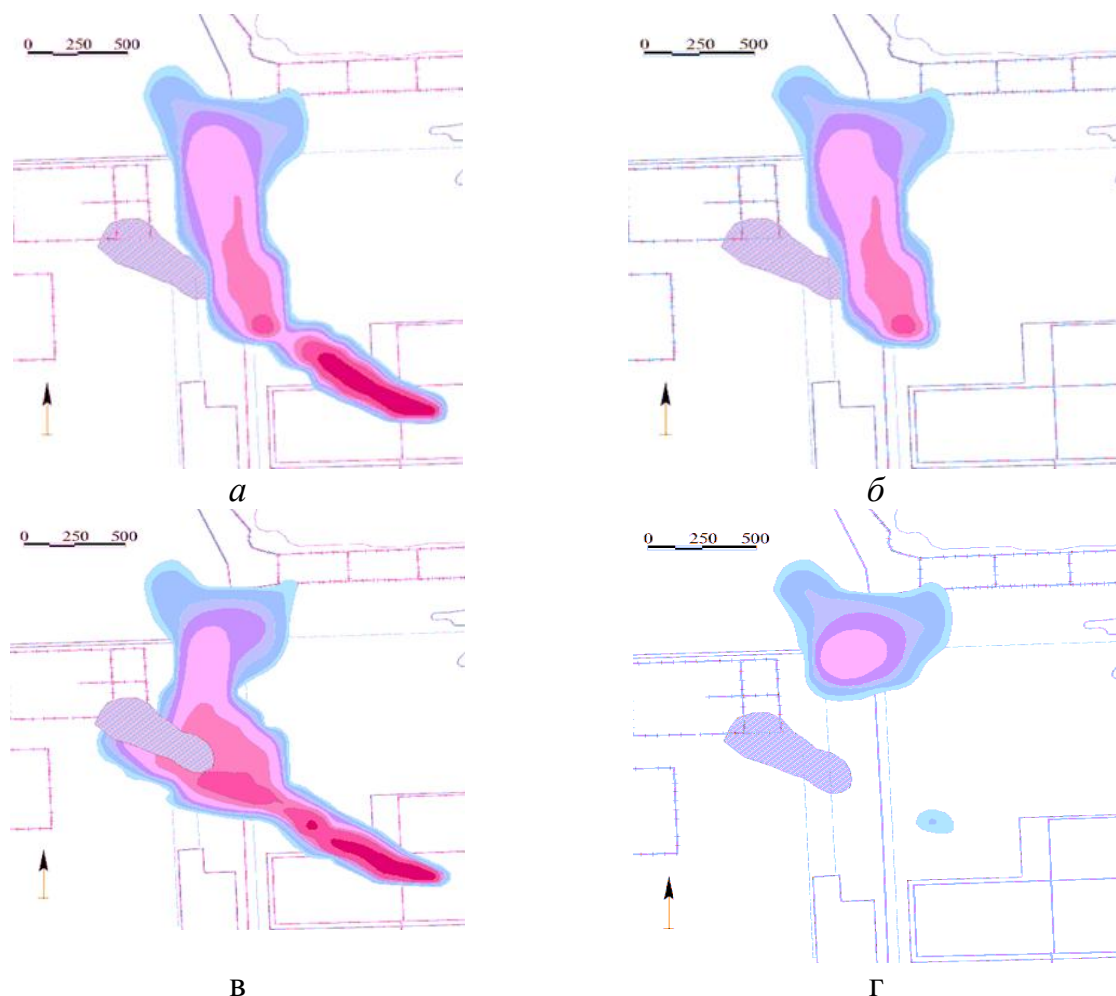


Рис. 1. Распространение шлейфа ртутного загрязнения подземных вод по результатам моделирования гидрогеологических условий 2031 г. (а – первый; б – второй; в – третий; г – четвертый вариант прогноза)

Также с помощью гидрогеологической модели Северной промзоны г. Павлодара была решена задача расчета массы ртути, находящейся в растворенном состоянии в объеме шлейфа загрязнения. Была смоделирована детальная векторная карта распространения уровней концентрации растворимых ртутных солей в объеме шлейфа загрязнения. Расчет показал, что без учета ртути, сорбированной на вмещающих породах, в воде шлейфа, имеющего длину 1,9 км, максимальную ширину 470 м и площадь 0,65 км² должно быть растворено 24,2 кг ртути.

Полевые исследования и компьютерное моделирование, проведенные по проекту «Toxicmanagement», показали, что основные риски, вызванные ртутным загрязнением в районе бывшего ПО "Химпром" г. Павлодар, были связаны с загрязнением ртутью подземных и поверхностных вод, а также испарением ртути в местах наиболее интенсивного загрязнения почв. Также были проведе-

ны исследовательские работы в рамках международного проекта МНТЦ К–1240р “Последемеркуризационное управление ртутным загрязнением на территории бывшего ПО «Химпром», а также оценка риска для окружающей среды от загрязнения подземных вод и прилегающих водоемов Северной промышленной зоны г. Павлодара”, которые были заключены в следующем: оценка риска, связанного с направлением потоков загрязненных нефтепродуктами и ртутьсодержащих подземных вод, в том числе их прохождением через сеть водозаборных скважин села Павлодарское, к реке Иртыш и/или поднятием на поверхность пастбищ, и, в случае высокой степени такого риска, определение стратегии по его сдерживанию или минимизации; определение стратегии управления для сдерживания риска окружающей среде, вызванного ртутным загрязнением озера Балкылдак, в том числе за счет бионакопления загрязнителей по пищевым цепям /3,4/.

При демеркуризационных работах конструкции корпуса электролиза 31 бывшего химического завода были демонтированы и локализованы в могильник, закрытый глиняным экраном и асфальтным покрытием. Озеро–накопитель Былкылдак, куда были слиты 10 тонн ртути, и подземное ртутное озеро оградили «стеной в грунте» глубиной 20 м, предотвращающей движение ртути к трансграничной реке Иртыш. После демеркуризации риск, связанный с загрязнением ртутью атмосферы был сведен к минимуму. Также было прекращено поступление ртути в природные воды, что в свою очередь должно привести к их постепенному самоочищению и снижению риска, связанному с ртутным загрязнением подземных и поверхностных вод. Однако достоверность такого развития событий должна подтвердиться наблюдениями за природными средами. В районе бывшего ПО "Химпром" г. Павлодар следует ожидать сохранение некоторого уровня загрязнения ртутью почв, однако ореол этого загрязнения не должен расширяться. В соответствии с этими задачами мониторинг ртутного загрязнения в районе бывшего ПО "Химпром" включил в себя следующие компоненты /5/: контроль концентрации ртути относительно ПДК_{св} для газообразной ртути, равной 300 нг/м³, в приземном слое (1 м) воздушного бассейна на территории промышленной площадки; контроль над отсутствием превышения ПДК_п для ртути общей, равной 2,1 мг/кг, в почвенном слое покрытия ртутных могильников; контроль над отсутствием распространения ртутного загрязнения почвы свыше ПДК_п для ртути общей, равной 2,1 мг/кг, за пределы первоначальных ртутных ореолов (в том числе за счет испарения подземных вод, содержащих ртуть) и накопления ртути в пределах первоначального очага ртутного загрязнения; контроль над отсутствием распространения подземных вод, загрязненных ртутью общей свыше ПДК_в для растворенной неорганической ртути, равной 500 нг/л, в направлении с. Павлодарское и реки Иртыш; наблюдение за снижением концентрации ртути общей в подземных водах, в том числе в пределах шлейфа ртутного загрязнения; контроль над отсутствием проникновения содержащейся в воде ртути общей за пределы противодиффузионной завесы по типу "стена в грунте" и могильника твердых ртутьсодержащих материалов и наблюдение за уровнем подземных вод внутри изолированных

объемов; наблюдение за уровнями концентрации ртути общей в поверхностных водах Северной промзоны г. Павлодара, включая накопитель сточных вод Былкылдак; наблюдение за уровнями концентрации ртути общей в рыбе накопителя сточных вод Былкылдак.

В случае снижения остаточного уровня ртутного загрязнения до приемлемого риска программа мониторинга может быть завершена в 2020 г. При усугублении возрастания риска окружающей среде и здоровью населения, на любом этапе мониторинга может возникнуть необходимость проведения дополнительных мер по очистке данной территории от ртути или об ее инженерной защите.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Э.Н. Лушин. Отчет о результатах работ по определению загрязнения ртутью промплощадки производства хлора и каустической соды Павлодарского химического завода. т.1. НТЦ "Технолог", Павлодар, 1990, 41 с.

2. Илющенко М.А., Паничкин В.Ю., Калиева А.А. и др. Отчет (заключительный) о научно-исследовательской работе по программе фундаментальных исследований в рамках международного проекта МНТЦ К-1240р "Последемеркуризационное управление ртутным загрязнением на территории бывшего ПО «Химпром», а также оценка риска для окружающей среды от загрязнения подземных вод и прилегающих водоемов Северной промышленной зоны г. Павлодара". Алматы, 2010.

3. Убаськин А.В., Базарбеков К.У., Бондаренко А.П., Калиева А.А., Ермиенко А.А. Опыт биоиндикации загрязнений на примере карася серебряного *Carassius auratus gibelio* озера Былкылдак//Вестник ПГУ. – № 4, 2006. С. 104-111.

4. Калиева А. А., Ермиенко А. В. К вопросу о биоиндикации загрязнений водных объектов на примере карася Серебряного *Carassius Auratus Gibelio* // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск: СГГА, 2014. Т. 2. – С. 93–99.

5. Илющенко М.А. Отчет по договору №134 (УС 37/2003н) от 21.08.2003 «Разработка Программы мониторинга ртутного загрязнения Северной промзоны г. Павлодара». АИЭС, Алматы 2004. 37 с.

6. Рапуга В. Ф. Анализ полей радиоактивного загрязнения территорий аварийными выбросами Сибирского химического комбината // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 30–36.

7. Мартынов Г. П., Луговская А. Ю. О достоверности некоторых статистических оценок в биоиндикационных исследованиях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск: СГГА, 2012. Т. 2. – С. 184–188.

© А. А. Калиева, А. В. Ермиенко, 2015

ПОСЛЕПОЖАРНЫЙ МОНИТОРИНГ ФИТОМАССЫ ДРЕВОСТОЯ ЛИСТВЕННИЧНИКОВ НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ

Сергей Викторович Жила

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, e-mail: getgain@mail.ru

Галина Александровна Иванова

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Елена Александровна Кукавская

Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 660036, Россия, г. Красноярск, Академгородок, 50/28, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории лесной пирологии, тел. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

В статье проведен анализ структуры фитомассы древостоя и ее изменения под воздействием пожаров разной интенсивности в лиственничниках Нижнего Приангарья. Установлено, что послепожарные изменения фитомассы древостоя определяются интенсивностью пожара, а также давностью его воздействия.

Ключевые слова: фитомасса древостоя, лесной пожар, интенсивность пожара, лиственничники, Нижнее Приангарье.

THE POSTFIRE MONITORING OF THE PHYTOMASS OF LARCH STAND OF LOWER ANGARA REGION

Sergey V. Zhila

V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok 50/28, Ph. D., researcher of laboratory of forest fires, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Galina A. Ivanova

V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok 50/28, Ph. D., leader researcher of laboratory of forest fires, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

Elena A. Kukavskaya

V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 660036, Russia, Krasnoyarsk, Academgorodok 50/28, Ph. D., researcher of laboratory of forest fires, tel. (383)361-08-86, e-mail: d.d@ngs.ru

The article analyzes the structure of phytomass and its changes under the influence of fires of varying intensity in larch forests of Lower Angara region. It was found that the post-fire changes of phytomass determined by the intensity of fire.

Key word: phytomass, forest fire, fireline intensity, larch forests, Lower Angara region.

Введение

В настоящее время в Сибири ежегодно возникают десятки тысяч лесных пожаров, площадь которых достигает миллионы гектар. Глобальное изменение климата может привести к увеличению частоты лесных пожаров, расширению области их распространения, и, как следствие, к долгосрочной деградации лесорастительных условий (Kasischke et al., 1995; Flannigan et al., 2009). На светлых хвойных лесах, которые составляют до 90 % от площади лесов Нижнего Приангарья (Жуков с соавт., 1969), приходится более 60 % от общего количества лесных пожаров (Korovin, 1996).

Лесные пожары воздействуют на все компоненты биогеоценоза. Фитомасса древостоя вносит значительный вклад в накопление лесной подстилки, которая является проводником горения и горючим материалом при низовых пожарах, а кроновые материалы (хвоя и мелкие ветви) активно участвует в горении при верховых пожарах. Выявлена зависимость между количеством фитомассы древостоя и его биометрическими характеристиками (Усольцев, 1988; Онучин, Спицына, 1995).

Под воздействием пожаров происходит перераспределение фитомассы между живым пологом и мортмассой (Wardle et al., 2003; Ivanova et al., 2011). Тем не менее, исследования, связанные с оценкой трансформации фитомассы древостоя под воздействием пожаров единичны.

Целью наших исследований являлась оценка и мониторинг трансформации фитомассы древостоя под воздействием лесных пожаров разной интенсивности в лиственничниках Нижнего Приангарья.

Объекты и методика

Исследования проведены в лиственничниках Нижнего Приангарья Красноярского края. Экспериментальные участки (8 участков, из которых 2 - контроль), площадью 1 га каждый, располагались на левобережной части реки Ангары (58°35' с.ш., 98°55' в.д.). Лесоводственно-таксационное описание древостоев на экспериментальных участках проводили по методике В.Н. Сукачева, С.В. Зонна и Г.П. Мотовилова (1957).

Экспериментальные участки представляли собой древостои сложные по структуре и составу, разновозрастные, II-III класса бонитета. В первом ярусе доминировали лиственница и сосна (140-150 лет), отдельные деревья достигали возраста 200-300 лет. Средний диаметр деревьев первого яруса варьирует на участках от 26 до 44 см, а средняя высота 26-27 м. Второй ярус представлен хвойными и лиственными породами, в составе присутствуют пихта, ель, кедр, сосна, лиственница, береза и осина, возраст которых составляет 40-50 лет. Средний диаметр деревьев второго яруса варьирует на участках от 13 до 22 см, а средняя высота от 16 до 20 м. Относительная полнота древостоя - 0,6-1,0. Насаждения с подростом (от 7.3 до 20.8 тыс. экз./га) и подлеском под пологом древостоев. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует таёжное мелкотравье. Моховой покров хорошо развит, общее проективное покрытие до 100 %, доми-

нируют *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*. Последний пожар был зарегистрирован в 1953 году.

В 2002-2007 гг. на участках были проведены эксперименты по моделированию поведения пожара при различных погодных условиях и оценке их воздействия на компоненты биогеоценоза. Согласно классификации лесных пожаров по интенсивности (McRae et al., 2006) на экспериментальных участках 2 развился высокоинтенсивный пожар (более 4001 кВт/м), 6 – среднеинтенсивный (интенсивность горения на кромке пожара от 2001 кВт/м до 4000 кВт/м), 1, 3, 4, 5 – пожары низкой интенсивности (менее 2000 кВт/м).

Фитомассу древостоя оценивали методом перечислительной таксации с взятием модельных деревьев по ступеням толщины.

Результаты исследования

Проведенный анализ данных по фитомассе модельных деревьев подтвердил наличие тесной связи ее отдельных фракций с морфологическими признаками дерева и его возрастом. На ствол приходится до 89 % надземной фитомассы дерева сосны и лиственницы. Значительная часть фитомассы приходится на живые ветки, доля которых составляет у лиственницы до 8,4 % и до 21,8 % у сосны. Доля хвои варьирует от 0,8 до 2,8 % у лиственницы, и от 3,7 до 4,8 % у сосны.

Общая фитомасса древостоя в лиственничных насаждениях составила от 93 до 126 т/га (табл.). При этом на стволы приходится 65-89 %, живые ветви – до 22 %, хвою и листья – 4-10 %. Полученные данные сопоставимы со значениями, приведенными В.А. Усольцевым для насаждений подзоны южной тайги Средней Сибири (Усольцев, 2007). Естественный отпад деревьев в насаждениях до пожара составлял от 2 до 15 % от их общего количества.

Таблица

Динамика фитомассы древостоя лиственничников, т/га

№ участка	Фитомасса до пожара	Время после пожара, лет				
		1	2	3	4	5
1	126,19	116,09	108,52	107,26	103,48	100,95
2	93,79	61,90	54,40	49,71	49,71	47,83
3	100,95	88,84	85,81	85,81	82,78	-
4	124,24	105,60	103,12	103,12	103,12	-
5	113,80	103,56	103,56	103,56	101,28	-
6	100,32	73,23	73,23	70,22	65,21	-

Известно, что, характер и степень повреждения древостоев пожарами определяется рядом неравнозначных по своему значению факторов. Ими являются вид пожара, тип леса, породный состав, возраст и полнота насаждения, погодные условия (Мелехов, 1948; Фурьев, 1979; Санников, 1973; Воинов, Софронов, 1976).

Мы провели мониторинг изменения фитомассы древостоя под воздействием пожаров разной интенсивности. Основной отпад деревьев происходит в первые годы после пожара. Отпад деревьев первого яруса через год после пожара высокой интенсивности составил 34 % и увеличился до 49 % через 5 лет. Отпад деревьев второго яруса на этом участке уже на второй год составил 100 %. После пожаров средней и низкой интенсивности отпад деревьев первого яруса через 4-5 лет составлял 35 и 20 %, а второго 62 % и 34 % соответственно. Полный отпад деревьев второго яруса после пожара высокой интенсивности и значительный после пожаров средней и низкой интенсивности объясняется не только присутствием в нем темнохвойных пород, но и высокой сомкнутостью полога за счет подроста. Выявлена тесная связь между интенсивностью пожара и величиной отпада (коэффициент корреляции 0,90) (рис.).

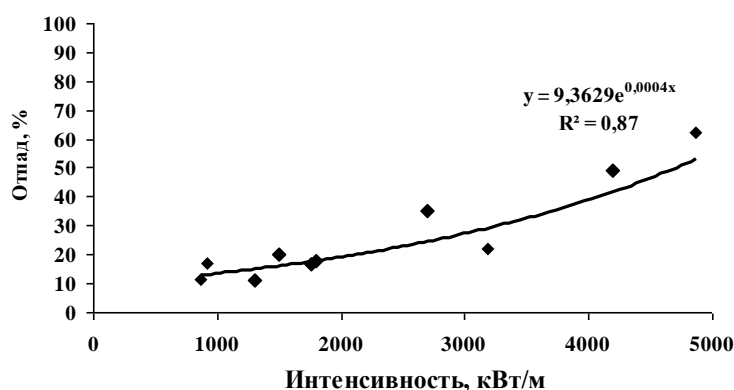


Рис. Отпад деревьев в зависимости от интенсивности кромки пожара, % от общего числа деревьев

После пирогенного воздействия и отпада деревьев фитомасса древостоя составила после пожара высокой интенсивности – 47,83 т/га, средней интенсивности – 65,21 т/га, низкой интенсивности 103,12 т/га (таблица). Фитомасса древостоя снизилась в зависимости от интенсивности горения на 49 % после высокоинтенсивного, на 35 % после среднеинтенсивного и на 20 % после низкоинтенсивного пожара.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что послепожарная трансформация фитомассы древостоя в южнотаежных лиственных лесах определяется интенсивностью пирогенного воздействия.

Установлена тесная связь между интенсивностью пожара и величиной отпада деревьев. Отпад деревьев составил после пожаров высокой интенсивности до 49 % в первом ярусе, и 100 % во втором ярусе. Основной отпад деревьев приходится на первые 2-3 года после пожара. После пожаров выявлено снижение надземной фитомассы древостоев на 20-49 % от допожарного значения в зависимости от интенсивности пожаров и давности их воздействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жуков, А.Б. Леса Красноярского Края / А.Б. Жуков, И.А. Коротков, В.П. Кутафьев, Д.И. Назимова, С.П. Савин, Ю.С. Чербникова // Леса СССР. – М.: Наука, 1969. – С. 248-320.
2. Воинов Г.С., Софронов М.А. Прогнозирование отпада в древостоях после низовых пожаров // Современные исследования типологии и пироэкологии леса. – Архангельск: АИЛиЛх. – 1976. – С. 115-121.
3. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. – М.: – Л.: Гослестехиздат. – 1948. – 126 с.
4. Онучин А.А., Спицына Н.Т. Закономерности изменения массы хвои в хвойных древостоях // Лесоведение. – М.: – 1995. – № 5. – С.48-58.
5. Санников С.Н. Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяций сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу / Материалы совещания. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР. – 1973. – С.236-277.
6. Сукачев В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П. Методические указания к изучению типов леса. – М.: Изд. АН СССР. – 1957. – 115 с.
7. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. – Новосибирск: Наука. – 1988. – 250 с.
8. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии. Методы, база данных и ее приложения / В.А. Усольцев. – Екатеринбург: УрО РАН. – 2007. – 635 с.
9. Фуряев, В.В. Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе / В.В. Фуряев, Д.М. Киреев. – Новосибирск: Наука. – 1979. – 160 с.
10. Flannigan M.D., Krawchuk V.A., de Groot W.J., Wotton B.M., Gowman L.M. Implications of changing climate for global wildland fire // International Journal of Wildland Fire. 2009, 18, Pp. 483-507. doi: 10.1071/WF08187.
11. Ivanova G.A., Conard S.G., Kukavskaya E.A., McRae D.J. Fire impact on carbon storage in light conifer forests of the Lower Angara region, Siberia // Environmental Research Letters. 2011, №6, Is.4, doi: 10.1088/17489326/6/4/045203.
12. Kasischke E.S., Christensen N.L. and Stocks B.J. 1995. Fire, global warming, and the carbon balance of boreal forests // Ecological Applications. 1995, 5(2), Pp. 437-451.
13. Korovin, G.N. Analysis of the Distribution of Forest Fires in Russia // Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia. Dordrecht / Boston / London: Kluwer Academic Publishers. 1996, Pp. 112-128.
14. McRae, D.J. Variability of Fire Behavior Fire Effects and Emissions in Scotch Pine Forests of Central Siberia / D.J. McRae [et al.] // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2006, Vol. 11 (1), Pp. 45-74.
15. Wardle D.A., Hornberg G., Zackrisson O., Kalela-Brundin M., Coomes D.A. Long-term effects of wildfire on ecosystem properties across an island area gradient // Science. 2003, 300, Pp. 972-975. doi:10.1126/SCIENCE.1082709

© С. В. Жила, Г. А. Иванова, Е. А. Кукавская, 2015

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ТЕРРИТОРИИ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Анна Вавильевна Егорина

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 070004, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Дзержинского, 16, доктор географических наук, академик Академии ЕН РК, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды, тел. (7232)535-335, e-mail: av_egorina@mail.ru

Алёна Николаевна Логиновская

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, 070004, Казахстан, г. Усть-Каменогорск, ул. Михаэлиса, 2, кандидат географических наук, ст. преподаватель кафедры геодезии, землеустройства и кадастра, тел. (7771)547-377, e-mail: aloginovskaja@bk.ru

В статье рассмотрены проблемы использования прибрежных территории Бухтарминского водохранилища. Дан анализ особенностям природопользования прибрежной территории и последствий антропогенных воздействий.

Ключевые слова: водохранилище, береговая линия, ландшафт, водоохранная зона, землепользование, источники загрязнения, экологические нормативы.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF USING OF THE BUKHTARMA RESERVOIR'S COASTAL TERRITORY

Anna V. Egorina

East Kazakhstan State Technical University after D. Serikbayev, 070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk c., 16 Dzerynskogo st., d. g. n., academician to Academies EN RK, professor of the pulpit «Safety to vital activity and guard surrounding ambiances», tel. (7232)535-335, e-mail: av_egorina@mail.ru

Alyna N. Loginovskaya

East Kazakhstan State Technical University after D. Serikbayev, 070004, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk c., 2 Mihaelis st., k.g.n., cl. teacher of the pulpit «Geodesy, landdevice and cadaastre», tel. (7771)547-377, e-mail: aloginovskaja@bk.ru

This article is described the problems of coastal territory of Bukhtarma reservoir. The analysis of the characteristics of coastal areas and the effects of anthropogenic influences is giving in the article.

Key words: reservoir, coastline, landscape, water protection zone, land use, sources of pollution, environmental regulations.

Водные ресурсы Иртыша и Бухтармы играют важную роль в экономике Восточно-Казахстанской области, в первую очередь, в обеспечении нормальной работы Бухтарминской ГЭС. Бухтарминское водохранилище имеет большое значение для увеличения обеспеченной мощности и выработки электроэнергии Бухтарминской и Усть-Каменогорской ГЭС. Из водохранилища ежегодно осуществляются весенние попуски для обводнения сотен тысяч гектаров поймен-

ных лугов в Павлодарской, Восточно-Казахстанской и других областях. Водохранилище создаёт глубоководный путь и улучшает условия плавания судов по Иртышу до Омска.

На побережье созданы базы отдыха предприятий и учреждений городов Усть-Каменогорска, Серебрянска, Зырянска, а также выделены участки под дачное строительство, ведения садоводства, для строительства домов отдыха, гостиничных комплексов предприятий различных форм собственности и отдельных граждан.

Прибрежная зона, на протяжении рассматриваемого участка, занята базами отдыха, комплексами и отдельными домостроениями летнего типа, пляжными участками, причалами для лодок и прогулочных катеров, небольшими спортивными площадками и другими устройствами рекреационного использования.

Существующие учреждения отдыха, большей своей частью, сосредоточены в непосредственной близости к урезу воды водохранилища, представлены базами массового отдыха горожан в теплый период года.

Общая протяженность береговой линии Бухтарминского водохранилища от пос. Октябрьский до плотины ГЭС составляет 62,7 км. Протяженность границы водоохранной зоны - 26,5 км, водоохранной полосы водохранилища - 53,51 км, из них с обустройством береговой зоны лесокустарниковыми полосами 2,2 км. Общая площадь водоохранной зоны составляет 2080,0 га, водоохранной полосы равна 325,1 га [10].

В пределах водоохранной зоны водохранилища, на участке пос. Октябрьский - плотина ГЭС размещено 4095 земельных участков на общей площади 864,5 га.

В настоящее время проектирование и застройка баз отдыха и дач осуществляются не связанными между собой локальными участками, что приводит к целому ряду негативных явлений и проблем, в том числе связанных с деградацией окружающей среды.

Серьезный ущерб природе наносит отсутствие обустроенных асфальтированных дорог и проездов к базам отдыха от магистральной автотрассы и ограничений для передвижения автотранспорта в рекреационной зоне. Большинство дорог и проезды размыты водной эрозией от дождевых и талых вод.

Многие базы отдыха используют свои земельные участки нерационально. Нецелесообразна организация дачных кооперативов и застройки территорий на наиболее ценных участках, примыкающих непосредственно к водоему, пригодных для обустройства пляжей, спортивных площадок и других планировочных элементов, необходимых для организации полноценного отдыха у воды [9].

Указанные территории передаются в частую собственность отдельным физическим или юридическим лицам, резко сокращая тем самым доступность к имеющимся природным рекреационным ресурсам широкого контингента отдыхающих.

При этом доступность к акватории отдыхающих дополнительно ограничивается производимыми ограждениями пляжных участков и береговой полосы в створах земельных участков, примыкающих непосредственно к водоему.

В соответствии с Водным кодексом Республики Казахстан и Законом Республики Казахстан «Об охране окружающей среды», Правила использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ устанавливают режим использования водных ресурсов р. Иртыш в интересах сохранения водной экосистемы и экологического равновесия биотопов в пойме реки и ограничительные условия, отвечающие требованиям их комплексного использования, обеспечивающие безопасность основных гидротехнических сооружений, населения и хозяйственных объектов, расположенных в зоне влияния Бухтарминского, Усть-Каменогорского и Шульбинского гидроузлов [2, 8, 9].

Для Бухтарминского водохранилища на рассматриваемом участке побережья характерна относительно быстрая стабилизация взаимодействия с окружающей сушей.

Бухтарминское водохранилище, как рекреационное пространство по своим природно-климатическим и бальнеологическим факторам является значимым и уникальным местом отдыха населения Восточного Казахстана и других областей Республики.

Горный район с живописными уголками природы, хвойным и лиственным лесом, водоемом представляет интерес для отдыхающих всех возрастов.

Крупнохолмистый и грядовой рельеф наиболее благоприятен для оздоровительных целей, относительно благоприятна также слабохолмистая и волнистая местность, ровная, плоская поверхность неблагоприятна, так как с точки зрения эстетики пейзажного восприятия монотонный рельеф неинтересен, а также функционально малопригоден.

Горный рельеф, крутые береговые склоны практически исключают проведение мероприятий по борьбе с затоплением и подтоплением прибрежной территории водохранилища.

Число отдыхающих одновременно в зонах отдыха составляет в летнее время - до 20 тыс. человек, зимой - до 2 тыс. человек.

Скальные грунты береговых склонов исключают размывы берега и необходимость проведения берегозащитных мероприятий на участках размещения баз отдыха. Создание водохранилища и благоприятные условия на данном береговом участке для отдыха населения обусловило его использование в рекреационных целях.

В свою очередь, рекреационное использование водного объекта и прилегающей территории побережья ограничивает размещение и исключает строительство различного рода производственных объектов, загрязняющих окружающую среду.

В населенных пунктах внешняя граница водоохранной зоны водохранилища приурочена и по возможности проведена по улицам, на дачных участках - по проездам (улицам), в горной местности - по сопкам и хребтам водоразделов, в ряде случаев - вдоль дорог.

При этом, дополнительное расстояние (ширина водоохранной зоны) на всем протяжении рассматриваемого участка побережья, в основном, выдержано равным 500 м. В зависимости от природных условий (наличие сопок, водоразделов, дорог, глубоко вдающихся заливов водоема) дополнительное расстояние в пересеченной местности принималось несколько больше или меньше 500 м. В пос. Октябрьский это расстояние обусловлено характером планировки и застройки [5, 6].

Площадь водоохранной зоны Бухтарминского водохранилища составляет 2080 га.

Кроме осушенной части в водоохранной зоне выделяется водоохранная полоса (ВП) шириной не менее 35 метров с внутренней границей, проходящей по НПУ водохранилища.

Водоохранная полоса должна быть, как правило, свободной от застройки. При этом эксплуатация зданий и сооружений, возведенных в пределах границ водоохранной полосы до 1 июля 2009 года, допускается только при наличии организованной канализации, иной системы отвода и очистки загрязненных сточных вод или устройства водонепроницаемых выгребов с обеспечением вывоза их содержимого.

В соответствии с порядком установления, ширина водоохранной полосы водохранилища определена с учетом ландшафтных особенностей, крутизны склонов побережья, а также с учетом размещения земельных участков существующей застройки баз и домиков отдыха [5,6].

Протяженность границы ВП совмещенной с границей земельных наделов - 16,00 км, протяженность границы ВП определяемой с учетом ландшафтных особенностей, крутизны склонов побережья, и с учетом размещения земельных участков существующей застройки баз и домиков отдыха - 37,51 км.

В последние годы государство уделяет особое внимание водоохраным территориям. Большая проблема с застройщиками на Бухтарминском водохранилище. Состоятельные граждане стараются приобретать участки под строение индивидуального жилья или для продажи.

При покупке земли на Бухтарминском водохранилище определить “на глазок”, войдет ли участок в водоохранную полосу, не так просто. Уровень водохранилища, по сравнению с проектной отметкой, изменяется довольно часто, поэтому может показаться, что дом возведут достаточно далеко от воды. Но ситуация может измениться, поэтому в расчетах границ специалисты учитывают не только повышение уровня воды во время паводка, но и изначальные принятые проектные отметки затопления.

На некоторых участках побережья застройка находится в хаотичном состоянии: кадастровые земельные наделы оформлены без соблюдения требований водного и земельного кодексов РК, отсутствует инженерное обеспечение большинства объектов отдыха (не решены вопросы утилизации отходов жизнедеятельности, не организованы пути подъезда к базам отдыха, нет свободного доступа к водному объекту общего водопользования, не установлены места массового отдыха и др.).

После установления границы, а также ограниченного режима хозяйственной деятельности возведение зданий и сооружений в пределах водоохранной полосы становится не возможным, в некоторых случаях требуется изменение целевого назначения земельного участка в соответствии с ограничениями режима хозяйственной деятельности.

Правомерность расположения земельных участков и домостроений в водоохранной полосе Бухтарминского водохранилища, на землях водного фонда, не соответствующим условиям ввода в эксплуатацию должно быть рассмотрено в судебном порядке, как оформленные с нарушением законодательства Республики Казахстан и изъяты, а домостроения ликвидированы [7].

Собственникам и землепользователям с земельными наделами в водоохранной полосе необходимо дополнительно определить степень воздействия на окружающую среду их объектов (баз и домиков отдыха, объектов сферы обслуживания и вспомогательных хозяйств) в соответствии со статьей 44 Экологического Кодекса РК «особенности оценки воздействия на окружающую среду для существующих объектов» [1].

По результатам оценки, при установлении отрицательного воздействия на окружающую среду существующих объектов с разрешенным целевым использованием и расположенным в водоохранной полосе, собственникам и землепользователям необходимо предусмотреть дополнительные водоохранные мероприятия, полностью исключающие загрязнения прилегающей территории или вынос из водоохранной полосы всех объектов загрязнителей, способствующих загрязнению и засорению водохранилища [11].

Использование земель в зоне проектного затопления водохранилищем не должно противоречить целевому назначению, установленного для акватории Бухтарминского водохранилища.

Расположение выявленных сооружений (спусков, стенок, ограждений) в зоне затопления (осушенной зоне) водохранилища недопустимо, т.е. все эти объекты возведены за пределами выделенного земельного участка в зоне проектного затопления водохранилищем и подлежат ликвидации, как самовольно построенные сооружения. Домики отдыха на свайном основании, площадка для ТБО, расположенные в осушенной зоне, а также старые разрушенные гаражные постройки подлежат выносу из осушенной зоны и водоохранной полосы водохранилища. Остов старого судна, расположенного на берегу подлежит утилизации [2, 3].

Расположение причалов, насосных станций, лодок, катамаранов, аквапарка должно быть узаконено.

Пользование земельными участками, включенными под водоохранные зоны и полосы, согласно статье 134 Земельного кодекса РК осуществляется в соответствии с требованиями водного законодательства Республики Казахстан [3,5]. В лесах, расположенных на водоохранных зонах и полосах, режим ограничения лесопользования устанавливается с учетом обеспечения охраны водных объектов в соответствии с лесным законодательством РК [4].

В категориях государственного лесного фонда «запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ, каналов и других водных объектов» устанавливается заказной режим ограничения лесопользования [3,6].

В соответствии со статьей 31 Лесного кодекса РК лесные ресурсы на участках государственного лесного фонда предоставляются в долгосрочное лесопользование (срок от 10 до 49 лет) на основании протокола тендера с последующим оформлением договора между уполномоченным органом или областным исполнительным органом, в ведении которых находятся участки государственного лесного фонда и лесопользователем [4].

Собственники баз и домов отдыха, землевладельцы и землепользователи, земли которых расположены в водоохранной зоне и водоохранной полосе, обязаны соблюдать установленный режим использования этих зон и полос, учитывать экологические, санитарно-эпидемиологические и иные требования, установленные экологическим законодательством, законодательством в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также Водным кодексом Республики Казахстан [2,8].

Поддержание в надлежащем состоянии водоохранных зон, водоохранных полос и водоохранных знаков возлагается на землепользователей и местные исполнительные органы.

На природный фон загрязнений Бухтарминского водохранилища на участке Октябрьский плес накладываются загрязнения горнорудных объектов АО «Казцинк» (рудники Малеевский, Греховский, Зыряновская обогатительная фабрика и хвостохранилище), загрязнения, поступающие из обжитой зоны (пос. Октябрьский и пос. Новая Бухтарма), цементный завод Бухтарминской цементной компании, автозаправочные станции, а также бытовое загрязнение из обширной рекреационной зоны.

Очистные сооружения ТОО «Бухтарма-Теплоэнерго» и ТОО «Голубой залив», расположенные непосредственно на рассматриваемом участке побережья водохранилища работают эффективно и с достаточно высокой степенью очистки. Сброс очищенных стоков в водохранилище производится через рассеивающие выпуски.

Источниками рассеянного загрязнения являются несанкционированные свалки бытового мусора, многочисленные фрагментарные загрязнения легкими фракциями бытового мусора (пластиковые пакеты, бутылки, бумага и пр.), строительного мусора и отходов при строительстве домиков и баз отдыха, использование на приусадебных участках индивидуальной жилой застройки и дачниками органических и минеральных удобрений, различных химикатов, складирование навоза в жилой зоне, в результате чего происходит загрязнение почвы и воды. К источникам рассеянного загрязнения также следует отнести неиспользуемые, полуразрушенные и брошенные постройки и сооружения (бывшие гаражи, животноводческие фермы, бывшая котельная, бывшие очистные сооружения и др.).

На приусадебных участках индивидуальной жилой застройки размещены хозяйственные постройки, надворные туалеты (в большинстве своем без водо-

непроницаемых выгребов), содержится домашний скот и птица, хранится навоз на неподготовленных площадках, имеются свалки мусора и отходов. В частном жилом секторе нечистоты зачастую не вывозятся, а утилизируются на огородах и в естественных понижениях рельефа местности.

На рассматриваемой территории поселков отсутствует ливневая канализация, в связи с чем, в осенне-весенний период загрязненные дождевые и талые воды с автодорог и улиц смываются и стекают по уклону в водоем, усугубляя эпидемиологическую обстановку в Бухтарминском водохранилище.

Побережье используется для пастбы домашнего скота (овцы, лошади).

Всего здесь размещено 3092 объекта. Единовременная вместимость всех существующих на правом берегу Бухтарминского водохранилища учреждений отдыха, включая дачи, составляет порядка 15000 человек. Данная нагрузка на имеющиеся рекреационные ресурсы оценивается как интенсивная.

Планово-регулярная очистка зоны отдыха практически отсутствует. Местами действуют стихийные мусорные свалки. Для этого выкапываются траншеи, ямы. Вывоз твердых бытовых отходов в летнее время года осуществляется спецтранспортом в порядке, определяемом по договорам с организациями, эксплуатирующими полигоны ТБО в п. Новая Бухтарма. Полигон в районе п. Новая Бухтарма обслуживается ПКСК «Бухтарма» [9,10].

Уровень благоустройства, за исключением отдельных баз отдыха, крайне низкий и в санитарно-гигиеническом отношении, как правило, не соответствует действующим нормативным требованиям.

Централизованная канализация имеется на одной базе отдыха (оздоровительного комплекса «Голубой залив»). В основном, применяются обычные надворные туалеты с устройством выгребных ям. На территории отдельных баз отдыха используются биотуалеты.

Ливневая канализация и очистка поверхностных стоков отсутствует повсеместно.

Некоторые земельные участки имеют ограждения (пляжных участков) до самого уреза воды, чем затрудняют доступ к водоему, а в отдельных случаях полностью его исключают, что является нарушением требований Водного Кодекса РК [2].

В районе оздоровительного комплекса «Голубой залив» имеются отдельные объекты (в настоящее время поделенные между отдельными собственниками), состояние которых не отвечает санитарным нормам: свинарник, бывшая не действующая котельная, не действующая теплица, старые разрушенные очистные сооружения и другие.

В настоящее время, береговая зона, прилегающая к водоему, представляет собой практически уже застроенную территорию.

Уровень благоустройства окружающей территории, за исключением непосредственно отдельных баз отдыха, крайне низкий и в санитарно-гигиеническом отношении, как правило, не соответствует действующим нормативным требованиям.

Основным источником загрязнения воды водохранилища является неорганизованный поверхностный сток с неблагоустроенной территории зоны отдыха.

Другими источниками попадания в воду загрязняющих веществ являются сбросные воды очистных сооружениях ТОО «Голубой залив» и ТОО «Бухтарма-Теплоэнерго».

Степень загрязнения сбросных вод регламентируется нормативами ПДС, строго контролируется органами санитарного надзора. При этом фоновые концентрации загрязняющих веществ в Бухтарминском водохранилище определяются ВК ЦГМ.

При выборе территории, предназначенной для отдыха населения, также должно учитываться наличие объектов, отнесённых к охраняемым ландшафтными объектам и историческим и культурным ценностям.

В результате обследования береговой территории Бухтарминского водохранилища были получены материалы, характеризующие современную экологическую и водоохранную обстановку на рассматриваемом побережье.

При обследовании выявлены места скоплений и фрагментарного загрязнения мусором и отходами, места с разрушенными строениями, которые подлежат ликвидации, в связи с неудовлетворительным санитарно-экологическим состоянием этих мест.

Выявлены промоины и смывы грунта на грунтовых дорогах, образованные водной эрозией, засоряющие территорию выносом размываемого грунта и являющиеся местом загрязнения прилегающей местности грязевыми потоками.

В соответствии со специальным режимом хозяйственной деятельности устанавливаемом в водоохранной зоне для предотвращения загрязнения, засорения водохранилища, запрещается размещение животноводческих ферм, накопителей сточных вод, заправка топливом, мойка и ремонт автомобилей, тракторов и других машин и механизмов, размещение стоянок транспортных средств.

Сбросы с очистных сооружений, с полей фильтрации в Бухтарминское водохранилище необходимо осуществлять в соответствии с экологическими нормативами на основании разрешительных документов. Разрешительные документы выдаются на основании периодически обновляемых проектов нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) [6,7].

Для улучшения качества вод Бухтарминского водохранилища, необходимо рассматривать и постоянно совершенствовать комплекс природо- и водоохраных мероприятий на водосборе, производить замену устаревших технологий производств на более эффективные, стабилизировать уровень выбросов, сбросов и накопления отходов при возрастающем уровне производств и в дальнейшем, сохраняя это условие, последовательно осуществлять конкретные природоохранные мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей среды и улучшению в целом водоохранной и экологической обстановки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 г. №212 – III ЗРК.

2. Водный кодекс РК, утвержденный постановлением Правительства РК от 9 июля 2003 г. № 481-П ЗРК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 17.07.2009 г.)
3. Земельный кодекс РК, утвержденный постановлением Правительства РК от 20 июня 2003 г. № 442-П ЗРК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 24.07.2009 г.)
4. Лесной кодекс РК, утвержденный постановлением Правительства РК от 8 июля 2003 г. № 477-П ЗРК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 17.07.2009 г.)
5. Правила установления водоохранных зон и полос. Утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан от 16 января 2004 г. №42.
6. «Правила использования зон режимных территорий» (утверждены постановлением правительства РК от 17.01.03 г. №45).
7. «Технические указания по проектированию водоохранных зон и полос поверхностных водных объектов», утвержденные Комитетом по Водным Ресурсам МСХ РК от 21.02.2006 г., приказ №33.
8. Правила использования водных ресурсов Верхне-Иртышского каскада водохранилищ утвержденные Комитетом водных ресурсов Мин. ПР и ООС РК (приказ от 04.03.02 г. № 17-п).
9. «Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р.Иртыш на территории Республики Казахстан» - Основные положения, г. Алматы, 2004 г. ПК «Институт Казгипроводхоз» (не утверждена).
10. «Проект генерального плана зоны отдыха Бухтарминского водохранилища (1 рекреационная зона северо-западного рекреационного района)».2009 г.
11. «Схема улучшения технического состояния и благоустройства Бухтарминского водохранилища и его водоохранной зоны» 1986 г.

© А. В. Егорина, А. Н. Логиновская, 2015

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Евгения Ивановна Баранова

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, Плеханового, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: evg.dxn@yandex.ru

Анна Юрьевна Луговская

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханового, 10, аспирант кафедры экологии и природопользования, тел. (383)361-08-86, e-mail: aulyg@mail.ru

В данной статье предложены методы компьютерного анализа цифровых изображений для определения морфологических характеристик конкретных биологических объектов разных уровней в биоиндикационных исследованиях. Экспериментальная апробация осуществлялась на примере таких биоиндикаторов, как листовые пластины *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz – пятилистника кустарникового и пыльцевые зерна злаковых растений вида Тонконог.

Ключевые слова: компьютерный анализ, цифровые изображения, биоиндикационный подход, листовые пластины *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz, пыльцевые зерна *Koeleria delavignei*.

USE OF THE METHOD OF THE COMPUTER ANALYSIS OF DIGITAL IMAGES IN BIOINDICATOR RESEARCHES

Yevgeny I. Baranova

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate prof., Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: evg.dxn@yandex.ru

Anna Yu. Lugovskaya

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Post-graduate, Department of Ecology and Natural Resources Management, tel. (383)361-08-86, e-mail: aulyg@mail.ru

In this article methods of the computer analysis of digital images for definition of morphological characteristics of concrete biological objects of different levels in bioindicator researches are offered. Experimental approbation was carried out on the example of such bioindicators as sheet plates of *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz – of a cinquefoil shrubby and pollen grains of cereals of a type of *Koeleria delavignei*.

Key words: Computer analysis, digital images, bioindicator approach, sheet plates of *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz, pollen *Koeleria delavignei* grains.

В последнее время, для интегральной оценки состояния окружающей среды стало актуальным применение биоиндикационного подхода, основанного на оценке морфометрических параметров. Это связано с тем, что при антропогенном воздействии листья растений и пыльца не только меняют окраску, но и

имеют аномальную конфигурацию. Проявление таких отклонений является результатом несовершенства онтогенетических процессов, т.е. неспособностью организма развиваться по определенным путям. Иными словами, изменение морфологических характеристик является показателем степени соответствия условий среды требованиям организма. Таким образом, речь идет о качестве среды, которое непосредственно воздействует на здоровье живых организмов.

Цель данной работы состояла в оценке применимости компьютерных методов анализа цифровых изображений для определения морфологических характеристик конкретных биологических объектов разных уровней в биоиндикационных исследованиях.

Экспериментальная апробация осуществлялась на примере таких биоиндикаторов, как листовые пластины *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz – пятилистика кустарникового и пыльцевые зерна злаковых растений вида Тонконог.

Разнокачественность и многоуровневость таксономического разнообразия предусматривают разносторонние подходы к его изучению. Так, при исследовании листовых пластин *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O.Schwarz – пятилистика кустарникового семейства Rosaceae применялся метод цифровой макросъемки, что обеспечивает изучение формы и структуры поверхности отдельных органов растений.

Растения представляют собой сильноветвистый кустарник высотой до 1,5 м с непарноперистыми листьями, обычно с 5-ю, изредка 7-ю листочками и золотисто-желтыми крупными цветками, собранными обычно на концах побегов. Цветение продолжительное (июнь-август), плоды созревают в августе – сентябре. Этот вид широко распространен в восточной Сибири, на Дальнем востоке, Алтае, Урале и на Кавказе.

Для исследования взяты растения лапчатки кустарниковой, высаженные на газоне вдоль автомобильной магистрали по ул. Шамшурина в Железнодорожном районе г. Новосибирска саженцами из Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН) и растения, выращенные на интродукционном участке ЦСБС СО РАН, расположенном среди лесного массива в относительно благоприятном с экологической точки зрения районе (Советский район, Академгородок), принятом за контроль.

Согласно данным ряда авторов (Ильин, Сысо, 2001; Пивкин, Чиндяева, 2002) Железнодорожный район относится к районам с неблагоприятной экологической ситуацией. В 2008 г. в течение вегетационного периода основными загрязняющими веществами, дающими превышения ПДК, в Железнодорожном районе по данным Западно-Сибирского ЦМС г. Новосибирска зафиксированы пыль, азота диоксид, аммиак, оксид углерода, формальдегид, 3,4-бенз(а)пирен, не обнаружено диоксида серы. Для сравнения взяты результаты по содержанию примесей в воздухе Советского района.

Важное преимущество цифровых изображений, получаемых в режиме «макро», в детальном отображении структур поверхности органов растений, что позволяет в некоторых случаях отказаться от микросъемки как более трудоемкого способа [1]. Исходя из этого, для измерения метрических параметров

листа пятилистника кустарникового проводилась съемка цифровой камерой в режиме «макро», с последующей обработкой снимков и интерпретацией результатов средствами геоинформационных технологий и электронных таблиц, используя программное обеспечение MapInfo и Microsoft Excel.

Исходное изображение сначала преобразовывалось в декартову систему координат, затем проводилась векторизация растровых изображений с последующим вычислением морфометрических характеристик листовой пластинки – длины, ширины, площади, периметра; измеряли длину годичного побега и флуктуирующую асимметрию, так же подсчитывали количество листьев на нем [2].

Анализ морфологических признаков и флуктуирующей асимметрии пятилистника кустарникового показал, что в условиях города площадь листовой пластинки сократилась на 54%, периметр - на 41%, длина и ширина листовой пластины - на 32% и 28% соответственно, длина черешка снизилась на 31%, длина годичного побега – на 37%, количество листьев на побеге - на 12% по сравнению с контрольными образцами. Кроме того, флуктуирующая асимметрия листьев пятилистника кустарникового в городских условиях составила 0,182 (загрязненная), а на контрольном участнике - 0,040 (условно чистая).

В результате установлено, что растения *P.fruticosa* проявляют реакцию в ответ на промышленно-транспортное влияние в городе, заключающееся в сокращении размеров ассимиляционных органов, длины годичных побегов, черешка листа.

Следующий объект исследования - пыльцевые зерна злаковых растений вида *Тонконог*, морфологические признаки которых значимы для выявления внутривидовых различий, а также опосредованно характеризуют экологическое состояние окружающей среды.

Данный вид - *Тонконог (Koeleria delavignei)* распространен в лесостепной зоне от Днепра до Енисея. Более или менее однородный в западной части ареала, в восточной - содержит несколько форм, различающихся в разных таксономических рангах. Виды этих семейств распространены во всех растительных зонах и поясах Сибири. В низкогорьях и предгорьях Северного Алтая встречаются растения *Koeleria delavignei*, отличающиеся волосистостью всех частей растения.

Материал для исследования получен с гербарных образцов (NSK) ЦСБС СО РАН, взятых из нескольких пунктов распространения вида – Чановского района (Барабинская степь), Курганской области (степная зона), Украины (заливные луга), Ленинградской области.

Изображения поверхности пыльцевых зерен были получены на широкоформатной негативной пленке при использовании сканирующего электронного микроскопа. Микрофотографии получены при увеличении от 1 500 до 50 000 крат. Преобразование негативных изображений в цифровую форму выполнено с помощью сканера с разрешением 1200 dpi. Дальнейшая идентификация отдельных элементов структуры пыльцевых зерен проводилась при визуальном рассматривании изображений с увеличением на мониторе [3].

Для каждого пыльцевого зерна определялась: форма и размеры пыльцы и оперулума, ширина и высота ободка, диаметр поры, количество бугорков (степень зернистости) на единицу площади, скульптура поверхности экзины, а у пыльников - размеры поверхности тапетума и диаметры орбикул. Результаты интерпретировались средствами геоинформационных технологий и электронных таблиц, также, как и в вышепредставленном исследовании, используя программное обеспечение MapInfo и Microsoft Excel.

Всего обработано более шестидесяти микроизображений пыльцевых зерен вида *Тонконог Делявиня* из различных пунктов произрастания. Вычислены морфологические характеристики каждого пыльцевого зерна. Пыльцевые однопоровые, шаровидные, в очертании округлые; от 24,4 до 33,5 мкм в ширину и от 28,8 до 37,2 мкм в длину. Пора округлая, с ободком, в диаметре от 5 до 11,0 мкм, выступающая над поверхностью, высота поднятия в сред-1,5 мкм, ободок поры хорошо заметный, с ровным или несколько волнистым наружным краем, толщиной, в среднем, 2,7 мкм. Отверстие поры округлое, с диаметром от 1,9 до 5,1 мкм. Оперкулум округлый или слегка овальный, от 1,1 до 3,3 мкм в диаметре, негладкий, зернистый, погруженный, с неровными краями. Скульптура поверхности зернистая (или зернистобугорчатая), со слабо выявленными площадками. Форма площадок слабо вытянута, средняя площадь - 0,7 мкм, густота размещения бугорков в среднем 4,8 шт/мкм².

В целом выполнено сравнительно-морфологическое исследование пыльцы у видов рода *Тонконог (Koeleria, сем. Poaceae)* из разных местонахождений, отличающихся экологическими условиями. Впервые для многих видов с помощью электронного микроскопа получены изображения, по которым выполнено объективное описание пыльцевых зерен в целом, их пыльников и деталей поверхности.

Таким образом, с использованием разработанных методических подходов, цифровых методов обработки изображений и ГИС проанализирован большой фактический материал и получены новые сведения об особенностях биологических объектов разного уровня, необходимые для индикации экологического состояния окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Храмова Е. П., Тарасов О. В., Трубина Л. К. Использование метода компьютерного анализа изображений в ботанических исследованиях // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 3, ч. 2. – С. 3–7.
2. Луговская А. Ю., Храмова Е. П., Трубина Л. К. Оценка влияние транспортно-промышленного загрязнения на морфологические и биохимические показатели *Pentaphragmoides fruticosa* // Растительный мир Азиатской России, 2014. № 1.- С. 71–76.
3. Трубина Л. К., Беленко О. А., Дюхина Е. И. Новый подход к представлению объектов растительного и животного мира в базах данных // ГЕО-Сибирь-2008. IV Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 5 т. (Новосибирск, 22–24 апреля 2008 г.). – Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 3, ч. 2. – С. 47–49.

© Е. И. Баранова, А. Ю. Луговская, 2015

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА ЗЕРЕН ПЫЛЬЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Владимир Викторович Головко

Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, ул. Институтская 3, кандидат биологических наук, ведущий инженер, тел. (383)330-77-43, e-mail: golovko@ns.kinetics.nsc.ru

Вячеслав Лазаревич Истомин

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева 15, доктор технических наук, главный научный сотрудник, тел. (383)333-19-38, e-mail: impuls@hydro.nsc.ru

Измерены массы индивидуальных пыльцевых зерен (ПЗ) анемофильных растений Западной Сибири. Методом фотограмметрической обработки изображений произведена оценка объема гидратированных пыльцевых зерен. Произведены оценки изменения объема при высушивании и рассчитаны эквивалентные аэродинамические диаметры ПЗ.

Ключевые слова: пыльцевой аэрозоль, масса пыльцевых зерен, анемофильные растения, объем, аэродинамический диаметр.

ESTIMATION OF THE CHANGE IN THE POLLEN GRAINS VOLUME BY METHOD OF PHOTOGRAMMETRIC PROCESSING OF IMAGES

Vladimir V. Golovko

Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Institutskaya st., Bldg., tel. (383)330-77-43, e-mail: golovko@kinetics.nsc.ru

Vyacheslav L. Istomin

Institute of Hydrodynamics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 15 Lavrent'ev avenue, Bldg., tel. (383)333-19-38, e-mail: istomin@hydro.nsc.ru

The masses of single pollen grains (PG) of anemophilous plants of Western Siberia were measured. The method of photogrammetric processing of images was used to estimate the volume of hydrated pollen grains. The changes in volume upon drying were estimated and the equivalent aerodynamic PG diameters were calculated.

Key words: pollen aerosol, masses of the pollen grains, anemophilous plants, volume, aerodynamic diameter.

Перенос пыльцы анемофильных растений в атмосфере – физический процесс, обусловленный аэродинамическими характеристиками ПЗ. При контакте с атмосферным воздухом ПЗ теряют содержащуюся в них воду. Высыхание сопровождается уменьшением объема, изменением формы и плотности, и, иногда, появлением воздушных полостей внутри ПЗ. Т. о., имеющиеся литературные данные о размерах ацетоллизированных ПЗ позволяют произвести лишь приблизительную оценку их объема аэродинамических характеристик и массовой концентрации пыльцы, присутствующей в атмосфере. Данная работа посвящена экспериментальному определению массы ПЗ западносибирских расте-

ний, а также оценке изменения их объема и аэродинамических характеристик при высыхании.

Использованная в экспериментах пыльца была собрана с растений произрастающих в окрестностях г. Новосибирска. Зрелая пыльца собиралась при раскрытии пыльников, просеивалась для и помещалась в бумажные пакеты.

Масса индивидуальных ПЗ западносибирских растений определялась исходя из их массы и количества напыленной на фильтр АФА-ХА пыльцы. Для измерения массы индивидуальных ПЗ использовалась экспериментальная установка для распыления порошкообразных материалов, разработанная в Институте гидродинамики им. Лаврентьева СО РАН. Схема установки, методика проведения эксперимента и расчета массы индивидуальных ПЗ были подробно изложены ранее [1].

Плотность индивидуальных ПЗ гораздо меньше плотности минеральных частиц и близка к плотности воды. В данной работе она была принята равной 1 г/см^3 . Объем сухого ПЗ в кубических микрометрах равен его массе (в нанограммах) умноженной на 1000. Массы индивидуальных ПЗ, стандартные геометрические отклонения данной характеристики (σ_{dm}) и Эквивалентные по массе диаметры (d_m) ПЗ и приводятся в таблицах 2-3.

Для оценки объемов гидратированной пыльцы использовались ПЗ, помещенные в глицерин-желатин с добавлением в него красителя Кумаши голубого. В данной среде ПЗ большинства анемофильных растений имеют форму близкую к сферической. Их объем хорошо аппроксимируется эллипсоидом вращения (сплюснутым или вытянутым), частным случаем которого является сфера. ПЗ хвойных растений, имеют сложную форму и снабжены воздушными мешками. Производились оценки объема лишь тела ПЗ хвойных растений, т.к. вклад воздушных мешков в их массу незначителен.

Ранее была предложена методика определения объема ПЗ методом фотограмметрической обработки изображения [2]. Она включала в себя: 1) получение их фотографических изображений в цифровой форме с помощью микроскопа AxioScore A1; 2) математическую обработку цифровых изображений с использованием программных модулей; 3) статистическую обработку результатов определения характеристик пыльцы

Фотографическое изображение ПЗ фактически является их сечением, которое можно аппроксимировать эллипсом. Периметр и (P) и площадь (S) ПЗ выражаются через значения большой ($2b$) и малой ($2a$) осей следующими соотношениями:

$$2b = \frac{P}{2E(e)}, \quad 2a = \frac{4S}{2\pi b} \quad (1)$$

где

$$e = \sin \alpha = \sqrt{\frac{(b^2 - a^2)}{b^2}} \quad (2)$$

e - модуль эллиптического интеграла, α - модулярный угол, а $E(e)$ - полный эллиптический интеграл.

Из формулы (2) можно получить следующее соотношение между экспериментально определенными значениями P , S и величиной e .

$$R = f(e) = \frac{\sqrt[4]{1-e^2}}{E(E)} = \frac{4\sqrt{S/\pi}}{P} \quad (3)$$

Значение параметра R и модулярного угла α приведено в табл. 1.

Таблица 1

Значения функции $f(e)$ и модулярного угла α

α , град	$f(e)$	α , град	$f(e)$	α , град	$f(e)$	α , град	$f(e)$
5	0,63662	30	0,63414	55	0,60169	80	0,39808
10	0,63659	35	0,6319	60	0,58385	85	0,29023
15	0,63646	40	0,62827	65	0,55859	90	0
20	0,63616	45	0,62261	70	0,52291		

Объем (V) эллипсоида вращения можно найти по следующим формулам для сплюсненного и вытянутого эллипсоида вращения соответственно:

$$V = 4\pi ab^2/3 \quad (4a)$$

$$V = 4\pi ba^2/3 \quad (4b)$$

Диаметр эквивалентной сферы, т. е. сферической частицы, объем которой равен объему частицы несферической формы, дается следующими соотношениями для сплюсненного и вытянутого эллипсоида вращения соответственно:

$$d^{экс} = \sqrt[3]{2a(2b)^2} \quad (5a)$$

$$d^{экс} = \sqrt[3]{2b(2a)^2} \quad (5b)$$

Значения объемов (V_g) гидратированных ПЗ анемофильных растений, их стандартные геометрических отклонения (σ_V), диаметры эквивалентных им по объему сферических частиц плотностью 1 г/см^3 (d_V) приводятся в табл. 2, 3.

Значения объемов (V_g) гидратированных ПЗ анемофильных растений, их стандартные геометрических отклонения (σ_V), диаметры эквивалентных им по объему сферических частиц плотностью 1 г/см^3 (d_V) приводятся в таблицах 2-3.

Вес индивидуальных ПЗ анемофильных растений различается на 4 порядка. Максимальный вес – 243,7 нг отмечен у ПЗ кукурузы, минимальный – 0,77 нг – у ПЗ крапивы двудомной (таб. 2-3). Экспериментально наблюдаемая величина изменчивости веса ПЗ σ_g^B в ряде случаев заметно выше погрешности определения его массы. Следовательно вес индивидуальных ПЗ не монодисперсен. Наименее изменчив вес ПЗ ивы остролистной ($\sigma_{gm} = 1,03$), наиболее – вес пыльцевых зерен можжевельника казацкого ($\sigma_{gm} = 1,74$).

Ранее нами было показано [2], что изменчивость веса индивидуальных ПЗ хорошо соответствует логнормальному распределению следующего вида:

$$\frac{dp}{d \ln G} = \exp\left(\ln^2 \frac{G}{G_{50}} / \sigma^2\right) / \sqrt{2\pi\sigma} \quad (6)$$

$$\sigma = \ln \sigma_g \quad (7)$$

где p – вероятность обнаружения веса пыльцевого зерна в интервале от G до $G+dG$, G_{50} – модальное значение веса пыльцевого зерна, σ_g – изменчивость веса пыльцевого зерна.

Таблица 2

Аэродинамические характеристики ПЗ древесных растений при относительной влажности воздуха (RH). Массы m_g , и эквивалентные диаметры (d_m) сухих и эквивалентные объемы (V_g) и диаметры (d_v) гидратированных ПЗ, и их стандартные геометрические отклонения. Отношение объемов (V_m/V_g) сухих и гидратированных зерен пыльцы

Видовое название	RH, %	m_g , ng	(σ_{gm})	d_m , μm	V_g , μm^3	σ_v	d_v , μm	V_m/V_g , %
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	60	82,4	1,23	54,0	246972	1,23	77,8	33,4
<i>Acer negundo</i> L.	59	8,3	1,21	25,1	14990	1,21	30,6	55,4
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	48	3,5	1,30	18,8	6757	1,15	23,5	51,8
<i>Betula microphylla</i> Bunge	79	3,9	1,07	19,6	10737	1,15	27,4	36,3
<i>Betula pendula</i> Roth	50	2,8	1,26	17,4	8529	1,13	25,3	32,8
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	55	7,5	1,33	24,3	10344	1,3	27,0	72,5
<i>Juglans mandshurica</i> Maxim.	79	12,9	1,29	29,1	31209	1,15	39,1	41,3
<i>Juniperus abina</i> L.	79	3,8	1,74	19,3	11633	1,15	28,1	32,7
<i>Larix sibirica</i> Ledeb.	60	153,2	1,40	66,4	278447	1,15	81,0	55,0
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	63	63,1	1,07	49,4	268296	1,16	80,0	23,5
<i>Pinus mugo</i> Turra	30	18,2	1,31	32,6	39246	1,17	42,2	46,4
<i>Pinus pallasiana</i> D. Don	60	13,7	1,09	29,7	44846	1,21	44,1	30,5
<i>Pinus sibirica</i> Du Tour	63	16,4	1,15	31,5	27691	1,47	37,5	59,2
<i>Pinus sylvestris</i> L.	51	14,5	1,22	30,3	41281	1,13	42,9	35,1
<i>Populus nigra</i> L.	38	3,5	1,16	18,9	13474	1,21	29,5	26,0
<i>Populus tremula</i> L.	49	4,0	1,26	19,7	13525	1,30	29,6	29,6
<i>Quercus robur</i> L.	50	8,21	1,44	25,0	10416	1,21	27,1	78,8
<i>Salix acutifolia</i> Willd.	43	3,0	1,03	17,9	6905	1,11	23,6	43,4
<i>Salix alba</i> L.	43	2,4	1,11	16,6	4001	1,18	19,7	60,0
<i>Salix carpea</i> L.	28	2,2	1,10	16,1	3703	1,16	19,2	59,4
<i>Salix pentandra</i> L.	71	2,5	1,28	16,9	5119	1,12	21,4	48,8
<i>Tilia cordata</i> Mill.	28	10,7	1,25	27,3	15403	1,23	30,9	69,5

При нормально-логарифмическом распределении величины σ_g для любых моментов распределения сохраняются, а нормирующие множители момента любого порядка могут быть вычислены, если они известны для одного из них. При этом необходимо выполнение следующего условия – изоморфности формы и однородности состава исследуемых объектов. Последнее справедливо для ПЗ растений. Характерный размер ПЗ ($d_{G_{ЭК}}$) оценивается следующим соотношением:

$$\langle G_\rho \rangle = \pi d_{G_{ЭК}}^3 \rho / 6 \quad (8)$$

где ρ - средняя плотность пыльцевого зерна, принятая равной 1 г/см^3 .

Таблица 3

Аэродинамические характеристики ПЗ злаков и сорных трав при относительной влажности воздуха (RH). Массы (m_g), и эквивалентные диаметры (d_m) сухих и эквивалентные объемы (V_g) и диаметры (d_v) гидратированных ПЗ, и их стандартные геометрические отклонения. Отношение объемов (V_m/V_g) сухих и гидратированных зерен пыльцы

Species	RH, %	m_g , ng	σ_{gm}	d_m , μm	V_g , μm^3	σ_v	d_v , μm	V_m/V_g , %
Злаки								
<i>Agropyron pectinatum</i> P. Beauv.	70	16,0	1,26	31,3	36022	1,18	41,0	44,4
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	63	6,9	1,10	23,6	14218	1,21	30,1	48,5
<i>Arrhenatherum elatius</i> C.	64	21,3	1,12	34,4	34525	1,16	40,4	61,7
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	74	20,8	1,18	34,1	42989	1,32	43,5	48,4
<i>Dactylis glomerata</i> L.	64	9,9	1,40	26,7	21528	1,21	34,5	46,0
<i>Elytrigia intermedia</i> Nevski.	72	50,6	1,05	45,9	74079	1,21	52,1	68,3
<i>Elytrigia repens</i> Nevski.	73	22,3	1,13	34,9	45743	1,33	44,4	48,8
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	74	18,2	1,23	32,7	27222	1,27	37,3	66,9
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	74	16,9	1,22	31,9	26399	1,26	36,9	64,0
<i>Phalaroides arundinacea</i> Rauschert	41	10,0	1,18	26,7	32381	1,21	39,5	30,9
<i>Phleum pratense</i> L.	61	15,8	1,20	31,1	27514	1,21	37,5	57,4
<i>Zea mays</i> L.	44	243,7	1,22	77,5	420242	1,17	92,9	58,0
Сорные травы								
<i>Artemisia absinthium</i> L.	51	1,6	1,51	14,4	5791	1,17	22,3	27,6
<i>Artemisia sieversiana</i> Willd.	30	1,7	1,38	14,7	5168	1,20	21,5	32,9
<i>Carex macroura</i> Meinsh.	37	4,5	1,36	20,5	11706	1,33	28,2	38,4
<i>Cannabis sativa</i> L.	51	3,0	1,30	17,9	8911	1,23	25,7	33,7
<i>Chenopodium album</i> L.	51	3,8	1,17	19,4	5770	1,37	22,3	65,9
<i>Datisca cannabina</i> L.	37	1,0	1,29	12,4	2255	1,17	16,3	44,3
<i>Humulus lupulus</i> L.	65	3,5	1,14	18,9	5507	1,22	21,9	63,6
<i>Plantago lanceolata</i> L.	65	5,7	1,09	22,1	14365	1,13	30,2	39,7
<i>Plantago media</i> L.	52	3,7	1,44	19,2	7960	1,22	24,8	46,5
<i>Rumex confertus</i> Willd.	65	9,9	1,12	26,7	22754	1,21	35,2	43,5
<i>Solidago Canadensis</i> L.	44	2,7	1,16	17,2	4036	1,23	19,8	66,9
<i>Thalictrum simplex</i> L.	65	4,1	1,11	19,9	8985	1,26	25,8	45,6
<i>Typha latifolia</i> L.	52	3,3	1,32	18,4	3843	1,22	19,4	85,9
<i>Urtica dioica</i> L.	51	0,77	1,17	11,3	2778	1,29	17,4	27,7

Диапазон варьирования размеров гидратированных пыльцевых зерен анемофильных растений составлял три порядка от $2,3 \times 10^3 \mu m^3$ у крапивы двудомной до $420,2 \times 10^3 \mu m^3$ у кукурузы. Экспериментально наблюдаемая величина изменчивости объема гидратированных пыльцевых зерен значительно превышает погрешности его определения.

Сопоставление объемов сухих и гидратированных ПЗ позволяет оценить влияние высыхания на дальность распространения пыльцы. В среднем при высыхании объем пыльцевых зерен уменьшается вдвое, а эквивалентный диаметр – примерно на 22%.

Для оценки скорости седиментации ПЗ до сих пор подходящим методом считается закон Стокса:

$$V_s = \frac{1}{18} d^2 g \left(\frac{\sigma_p - \sigma_f}{\eta} \right) \quad (9)$$

Скорость седиментации пропорциональна квадрату диаметра оседающей частицы. Таким образом, учитывая уменьшение эффективного диаметра ПЗ при высыхании, можно ожидать, что скорость оседания сухих зерен будет составлять примерно 60% от скорости гидратированных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головки В.В., Куценогий К.П., Истомин И.Л. Определение массы индивидуальных пыльцевых зерен сибирских растений // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Вып. 24 (6). – С. 525-528.
2. V. Golovko, K. P. Koutzenogii, E. I. Kirov, L. K. Trubina, A. P. Guk Using of potogrammetric treatment to determination the morpological characteristics of pollen grains // J. Aerosol Sci. – 1999. – Suppl. 1. - pp. S159-160.

© В. В. Головки, В. Л. Истомин, 2015

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Татьяна Шалвовна Фузелла

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический 10/3, кандидат географических наук, младший научный сотрудник, тел. (903)915-18-39, e-mail: fts10@yandex.ru

С помощью энергетического анализа и с использованием ГИС-технологий проведена оценка пространственного распределения энергетического потенциала почвенного покрова Томской области. По нашей оценке, в почвах Томской области сосредоточено $1,61 \cdot 10^{23}$ Дж энергии. Расчеты, проведенные с данной позиции, дают объективную оценку природного потенциала почвенного покрова и могут быть использованы при реализации инвестиционных проектов, направленных на использование биоресурсов.

Ключевые слова: почвенный покров, энергетическая оценка, картографирование.

SPATIAL DIFFERENTIATION OF SOIL POTENTIAL FOR TOMSK REGION

Tatiana Sh. Fuzella

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems Siberian Branch of RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky ave., Ph. D., senior research officer, tel. (903)915-18-39, e-mail: fts10@yandex.ru

With the help of energy analysis and GIS technology an assessment of spatial distribution of soil energy potential on the basic types of Tomsk region soils has been conducted. According to preliminary estimates in soils of the Tomsk region $1,61 \cdot 10^{23}$ J of energy are focused. Calculations carried out from a position of energy analysis provide an objective assessment of the nature potential of soils. It can be used for the design and implementation of investment projects aimed at the use of biological resources.

Key words: soil covering, energy estimation, mapping.

По словам В.И. Вернадского, влияние человека на природные системы стало реальной геологической силой, приводящей за историческое время к эффектам, достижимым лишь за геологическое время. Природа представляет собой основу для жизнеобеспечения общества, которое с начала своего существования использовало природные ресурсы. Многие природные блага не имеют цены – такие, как воздух или вода, что привело к их чрезмерному использованию. Одним из недостатков современной экономики является неполная экономическая оценка природных благ, приводящая к расточительности в экономике. Однако, природные блага, формально не являясь товаром и находясь вне рыночной системы, становятся производственным фактором, и попадают в эту систему, принося чистую прибыль. Предприятия бесхозяйственно используют средства производства природного происхождения, не неся за это никакой экономической ответственности. Например, на территории Томской области учтено более

450 больших и малых карьеров, в которых добывают гравий, песок, глину, полезные ископаемые и строительные материалы. Причем после завершения эксплуатации продуктивность и хозяйственная ценность восстанавливается лишь для незначительной части почвенного покрова.

В такой ситуации энергетическая оценка почвенного покрова на региональном уровне становится одним из основных факторов рационального неистощительного природопользования. Благодаря такому уникальному свойству как плодородие, почва становится в ряд важнейших природных ресурсов, а подобная оценка способна дать представление о потенциальных возможностях почвы.

Почвенный покров является аккумулятором гумуса, являющегося питательным веществом для продуцентов первого порядка. Энергетика почв связана не только с поступлением, преобразованием и отдачей солнечной энергии, но и с биохимической аккумуляцией и миграцией веществ, и с другими формами энергообмена. Периодом саморазвития почвы называют время образования зрелого почвенного профиля, иногда этот период занимает десятки, сотни и тысячи лет. Темп дальнейшего развития почв значительно снижается, и почвенное тело постепенно переходит в равновесное или квазиравновесное состояние. Длительность периода относительно неизменного состояния может во много раз превышать длительность периода саморазвития почвы (Соколов, Таргульян, 1976). Таким образом, почва поступательно накапливает свой энергетический потенциал. Основным источником энергии для процессов превращения в почве минеральных соединений, биосинтетических реакций, жизнедеятельности микроорганизмов, роста и формирования растений является гумус, он выполняет роль геохимического аккумулятора, главного хранителя солнечной энергии на земном шаре. Гумусовая оболочка — «гумусосфера», по данным В. А. Ковды, содержит $n \cdot 10^{20}$ ккал энергии (Ковда, 1981). В нем сосредоточено 98% запасов почвенного азота, 60% фосфора, 80% калия и содержатся другие минеральные элементы питания растений в сбалансированном состоянии. В инертном гумусе пахотного слоя заключено до 87,5% энергии. Теплотворная способность гумуса для всех типов почв условно равна 4000 калорий на 1 г.

Общая территория Томской области составляет 316 900 км², что составляет 0,02% от территории России и 0,13% от площади Западно-Сибирского экономического района. Особенности почвенного покрова подтаежной зоны Сибири в границах Томской области обусловлены тем, что 51% общей площади занимают преимущественно хвойные леса и 31% — болота. Серые лесные почвы представляют основу пригодных для пашни земель области, составляя 74% пашни. До 1990 г. сельхозугодия занимали 668 тыс. га. За четверть века произошло снижение посевных площадей на 34%. Имея большой стратегический резерв для освоения — более 18 млн. га пахотнопригодных земель под лесом и около 10 млн. га почв болотных экосистем, земли Томской области должны рассматриваться в перспективе их использования как потенциальных сельскохозяйственных угодий.

В работе предлагается оценка энергетического потенциала почвенного покрова Томской области. Нами оцениваются общие энергетические запасы почвенных ресурсов по типам почв. Анализ энергетического потенциала почв позволяет выявить районы с наибольшим потенциалом и показать их территориальные особенности. Был выполнен анализ на основе статистического и картографического материалов, позволяющих провести энергетический анализ территории по почвенному покрову в среде ГИС-пакета Mapinfo, и составлена база данных по энергетическому потенциалу всех типов почв Томской области в масштабе 1:200 000. Показатель энергетического потенциала может опосредованно являться индикатором продуктивности почвенного покрова. Для количественной характеристики энергетического запаса анализируется количество энергии, содержащейся в гумусовом слое почвы, на 1 га площади для каждого типа почв. Расчеты основываются на показателях среднего запаса гумуса различных почвенных типов. Для каждого типа почв Томской области значение энергетического потенциала определялось по формуле Володина (2000):

$$E_{овп} = Z_2 Q, \quad Z_2 = HGV,$$

где ($E_{овп}$) – энергетический потенциал почвогумуса; H – мощность гумусового горизонта (см); G – общий гумус, %; V – объёмная масса почвы, (г/см³); Q – энергетический эквивалент гумуса (Дж/га).

В результате исследования выявлено, что суммарный энергетический потенциал гумуса для всех типов почв Томской области составил $1,61 \cdot 10^{23}$ Дж. Столь значительная величина объясняется, в первую очередь, длительным временем формирования гумусового горизонта, а также высокой аккумулярующей и генерирующей способностью типов почв, развитых на территории области. На рис. 1 представлен энергетический потенциал тех типов почв, которые пригодны для сельскохозяйственной деятельности. Однако, наибольшие запасы сосредоточены в болотных почвах, которые занимают более 30% площади области (рис. 2). Максимальными значениями характеризуются торфянисто- и торфяно-подзолистые, болотные верховые и болотные низинные почвы, в которых наблюдаются значительные запасы органического вещества.

По значениям потенциала почвы, пригодные для сельского хозяйства, были разделены на несколько групп. Наибольший потенциал имеют черноземы, лугово-черноземные, обладающие высокой емкостью катионного обмена. Данные типы встречаются только на юге области – в Кожевниковском и Шегарском районах. Минимальные значения энергетического потенциала гумуса почв соответствуют глеево-подзолистым и подзолистым почвам, преобладающим на востоке и юго-востоке области. Пространственная дифференциация почв по показателю энергетического потенциала в большей степени объясняется особенностями аккумуляции энергии гумуса в почвенных типах, зависящих от характерных процессов почвообразования, а также территориальной неоднородностью и особенностью ведения сельскохозяйственной деятельности, при этом прослеживается влияние гидрологических особенностей рельефа и климата.

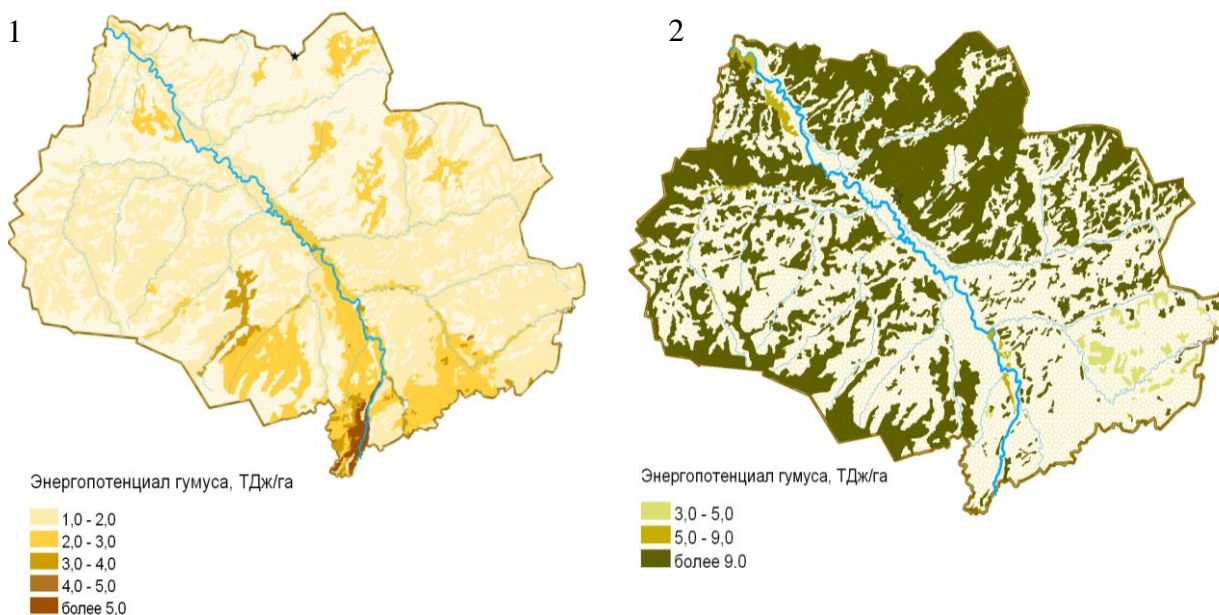


Рис. 1. Энергопотенциал гумуса в почвах Томской области:
1) почвы, пригодные для сельскохозяйственной деятельности; 2) болотные почвы

В результате проведенного исследования установлено, что вариабельность энергопотенциала гумуса различных типов почв Томской области находится в пределах от $1,2 \cdot 10^{12}$ до $10,5 \cdot 10^{12}$ Дж/га. По нашей оценке, в почвах Томской области сосредоточено $1,61 \cdot 10^{23}$ Дж энергии. В современных условиях нарастающего дефицита ископаемых энергоресурсов, почва как источник энергии приобретает особую значимость. В связи с этим актуальным становится вопрос исследования скорости аккумуляции и пространственного распределения энергии в почвах. Территориальную дифференциацию почв по энергетическому потенциалу следует учитывать при реализации инвестиционных проектов, направленных на использование биоресурсов. Расчеты, проведенные с позиции энергетического анализа, дают объективную оценку почвенного покрова Томской области и могут быть использованы для проектирования и осуществления противоэрозионных мероприятий с учетом энергетических факторов почвообразования, что позволит в ряде случаев более разумно учитывать естественный потенциал среды в процессе восстановления почвенного профиля.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-05-98060 р_сибирь_a).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володин В.М. Экологические основы оценки и использования плодородия почв / В.М. Володин. М., 2000. – 334 с.
2. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана./ В.А. Ковда – М.: Наука, 1981, 1981. – с. 5 – 15.
3. Соколов И. А., Таргульян В. О. Взаимодействие, почва память и почва момент // Изучение и освоение природной среды. М.: Наука, 1976. - с. 150–164.

© Т. Ш. Фузелла, 2015

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОСТГЛЯЦИАЛЬНОГО ЛИМНОГЕНЕЗА ЮГО-ВОСТОЧНОГО АЛТАЯ

Павел Станиславович Бородавко

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат географических наук, заведующий лабораторией самоорганизации геосистем, тел. (905)990-53-82, e-mail: bor@sibmail.com

Обработка материалов геоморфологической и гидрографической съемки и данных дистанционного зондирования в геоинформационной среде позволила установить, что последнее оледенение было наиболее важным фактором в формировании морфоскульптуры бассейна р. Юстыд. В максимум развития оледенения позднего неоплейстоцена, ледники покрывали все предгорья, полностью включая современный водосборный бассейн рек Богуты и Нарынгола. Из центральных, наиболее приподнятых частей хр. Чихачева ледники продвигались к подножиям, изменяя рельеф подстилающей поверхности. На стадиях деградации оледенения, в пределах вышеобозначенных долин формировались полихронные моренно-озерные комплексы, закономерно «молодеющие» по мере приближения к очагам развития оледенения.

Ключевые слова: Алтай, лимногенез, оледенение, морено-подпрудные озера.

GIS ANALYSIS OF POSTGLACIAL LYMNOGENESIS OF SOUTHEAST ALTAY

Pavel S. Borodavko

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academicheskyy ave., Assoc. Professor, Head of Laboratory of Self-organizing Geosystems, tel. (905)990-53-82, e-mail: bor@sibmail.com

Remote sensing data supplemented by field physical limnological studies and geomorphological mapping are used to derive the post-glacial landscape evolution of Yustyd Valley (Chikhacheva Range, S-E Altay). The results of investigation inform regional palaeogeographical reconstructions and demonstrate the effectiveness of an integrated approach combining geomorphological and sedimentological signatures with remote sensing. The interdisciplinary approach is used to reconstruct parameters of Late Pleistocene glaciers, identifying a series of depositional events that accompanied both retreat of glaciers and post-glacial formation of limnoglacial landscapes within Yustyd Valley. Moraines and moraine-dammed lakes are mapped in the catchment and show multiple regional palaeoenvironmental events and a sedimentology consistent with deposition by lodgement processes during the last 13000 years. Retreat features include a series of recessional moraines formed by still-stands or small readvances of valley glaciers. Following deglaciation led to formation of a moraine-dam lake system. This investigations indicates that an integrated approach, using geomorphology, sedimentology and remote sensing on a catchment scale, is capable of deriving a more in-depth understanding of palaeogeographical reconstructions and regional correlations of highlights the complexity of palaeoglaciers dynamics at a range of spatial scales.

Key words: Altay, lymnogenesis, glaciations, moraine-dammed lakes.

Озера Юго-Восточного Алтая весьма многочисленны, однако, до недавнего времени, специальных исследований направленных на их изучение не про-

водилось. Имеющиеся литературные сведения по некоторым озерам, основанные на устаревшем картографическом материале, зачастую не соответствуют действительности. Полученные нами в ходе полевых исследований данные позволяют дать достаточно полную характеристику морфо-генетических и некоторых других особенностей водных объектов озерной системы р. Юстыд.

Гидрографическая съемка выполнена с применением гидрографо-навигационного комплекса Hammerhead XRT 900 с модулем двухлучевого эхолотирования. Данные полевых исследований интегрировались в разработанную ГИС «Четвертичный лимногенез Алтая». В качестве программной среды нами был выбран пакет "MICRODEM / Terrabase-II" (V. 16), обладающий всеми основными достоинствами инструментальных ГИС [2]: вводом и редактированием графической информации, автоматической генерализацией, пространственным и временным анализом с применением оверлейных операций, использованием разномасштабного исходного материала, созданием и манипулированием тематическими базами данных с возможностью пространственной привязки к географическим объектам, построением тематических карт и, как итог, получением готовой картографической продукции.

Озера верховьев р. Юстыд (Республика Алтай, Кош-Агачский район) занимают дно долин ее главных притоков (рис. 1). Правый приток – р. Нарынгол, взяв начало на западных склонах хребта Чихачева, образует большое (до 3 км в длину) оз. Киндыкты-Куль. По левому притоку (р. Богуты) последовательно снизу вверх расположены озера Нижнее Богутинское, Среднее Богутинское и Большое Богутинское (до 3,5 км в длину). По происхождению это типичные моренно-подпрудные озера. Кроме вышеобозначенных, относительно крупных водоемов, в пределах водосборного бассейна широко распространены (62 озера) и более мелкие (площадью от 0,05 до 0,3 км²) озера локализованные в карах, межморенных понижениях и термокарстовых западинах. Глубина их не превышает 3 - 5 метров, подавляющее большинство озер не имеет открытого стока. В отношении окружающей растительности местность представляет яркий пример перехода высокогорной Чуйской степи в горную тундру. Окрестности озер совершенно безлесны. При общем господстве луговых осоко-злаковых и кобрезиевых тундр здесь имеются участки кустарниковой тундры, высокогорной степи и альпийской растительности. Раннее замерзание озер и их позднее вскрытие (конец мая), холодная снеговая вода с небольшим содержанием минеральных солей определили бедность видового состава водной растительности.

Озеро Киндыктыкуль (рис. 2) относится к числу уникальных природных объектов Кош-Агачского района. Процессы в Киндыктыкуле и на его побережьях в значительной мере определяются размерами и формой озерной котловины и характером водосборного бассейна. На нижних гипсометрических уровнях бассейна Киндыктыкуля коренные породы перекрыты чехлом рыхлых четвертичных образований. Они представлены комплексами ледниковых, водноледниковых, аллювиальных, озерных и болотных отложений различной мощности.



Рис. 1. Схема размещения объектов озерной системы р. Юстыд

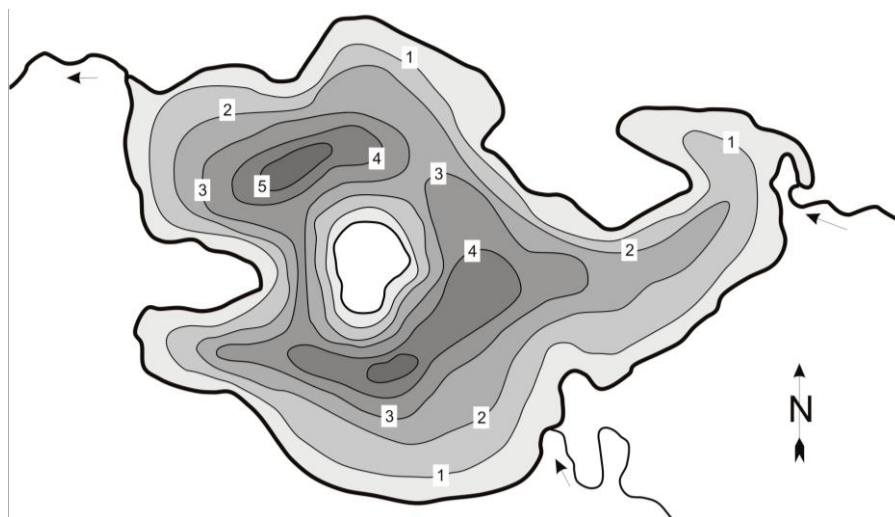


Рис. 2. Батиметрическая схема озера Киндыктыкуль

Озеро Киндыктыкуль является самым крупным из отмеченных выше. Водоем вытянут вдоль долины Нарынгола в направлении с запада на восток. Длина озера 2450 м, наибольшая ширина – 1750 м, площадь 2,77 км². Имеет несколько крупных заливов и далеко выступивший от западного берега мыс, напротив которого находится остров 250X150 м. Мыс и остров делят озеро вдоль на южную менее проточную и северную проточную половины. С восточной

стороны в озеро впадает два притока, а в северо-западной части, в прорыве моренного вала, берет начало единственная река. По распределению глубин и особенностям рельефа дна в Киндыктыкуле выделяются два участка, отделенные друг от друга валообразным поднятием, с крутизной подводных склонов – 5-10°. Господствующая глубина озера 3—5 м. Наибольшая глубина (до 7,5 м) находится в северо-западной части, перед подпруживающей мореной. Прозрачность воды позволяет видеть дно почти на всем протяжении озера. Температура поверхностного слоя воды равна 12°, придонного — 6,3°. Основной грунт светло-серый ил минерального происхождения.

Озеро Нижнее Богутинское Расположено в долине левого притока р. Юстыд, в 7 км от места слияния его с правым притоком. Имеет форму узкого сегмента. Вытянуто вдоль долины с северо-запада на юго-восток. Длина около 1520 м, наибольшая ширина — 570 м, площадь 0,72 км². Озеро проточное, с юго-востока в него впадает р. Богуты вытекающая в прорыве древнего моренного вала в северо-западном конце озера. Дно озера сложено гранитными валунами и скалами, перекрытыми толщей илистых отложений. Лишь в прибрежной части каменистое ложе выступает из-под ила, переходя в берег. Господствующий грунт дна — ил светло-серого цвета, минерального происхождения. Глубина озера на всем протяжении колеблется в пределах 3,5—4 м, с углублением до 5 м перед подпруживающей мореной. Прозрачно до дна. Температура поверхностных слоев 11°C, придонных 6°.

Озеро Верхнее Богутинское находится выше по течению реки, в 10 км к югу от оз. Нижнее Богуты. Имеет округлую форму и небольшие размеры. Максимальная ширина около 300 м, площадь 0,48 км². Кроме основной р. Богуты, питающей это озеро, в него впадает с восточной стороны небольшой безымянный ручей. Дно вблизи берегов сложено валунами. В центральной части водоема они скрыты серым наилком. Максимальная глубина озера 4 м. Прозрачность - до дна. Температура поверхностных слоев воды 9-10°, придонных 7°.

Озеро Большое Богутинское расположено в 1,5 км к востоку от Верхнего Богутинского Водоем вытянут по направлению долины с запада на восток. Длина 3400 м, наибольшая ширина 900 м, площадь 2,33 км². Очертание береговой линии довольно сложное (рис. 3). В западной части имеется несколько заливов и небольшой остров. Южные, северные и западные берега сложены валунами. В прибрежной части они выходят на поверхность.

В центральной части водоема скрыты под толщей илистых отложений. Восточный берег, близ устья р. Богуты, состоит из мелкой гальки и крупного песка. Микрорельеф берега осложнен серией небольших береговых валов. Единственный исток озера р. Богуты берет начало в северо-западном углу озера. Несмотря на значительные размеры, озеро на всем протяжении мелководно. Средняя глубина 3,5—4 м. максимальная до 5 м. Основной грунт дна – светло-серый ил, имеющий у восточного берега примесь песка. Температура поверхностного слоя воды 8°, придонного 6°. Прозрачность – до дна.

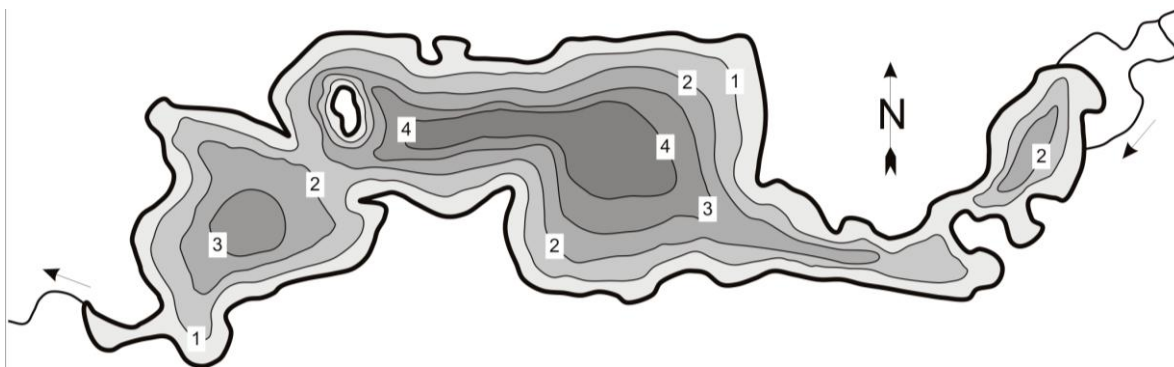


Рис. 3. Батиметрическая схема Большого Богутинского озера

Последнее оледенение четвертичного периода было наиболее важным фактором в формировании бассейна и котловины озерной системы Юстыда [1]. Фронт морен поздненеоплейстоценового максимума (50-60 тыс. лет назад) оледенения бассейна р. Юстыда выражен исключительно чётко в виде уступа до 5 м высоты над прилегающими денудированными пространствами. Граница фронта морены причудливо осложнена фестонами в зависимости от подстилающего рельефа и поэтому абсолютные отметки фронта морены варьируют от 2220 до 2350 м. Микрорельеф прифронтальной части моренного поля представлен сочетанием бугров, гряд разных размеров с обилием валунов и глыб на поверхности. Примерно в 1,5 км от фронта максимума моренного поля выделяется второй уступ меньшей высоты (до 3 м), прослеживающийся на большей части левобережья р. Богуты. Морфологически он менее выразителен на фоне интенсивного микрорельефа морены. Граница этого уступа местами теряется, прерывается общим выравниванием поверхности. По-видимому, это первая постмаксимальная морена первого мегастадиала. Выше по долине, в 2 км от западного берега Нижнего Богутинского озера представлена вторая постмаксимальная морена первого мегастадиала. Её поверхность менее осложнена формами микрорельефа в сравнении с предыдущими и её граница менее извилиста в плане. Здесь уже вполне определённо прослеживается форма и ширина (до 2 км) оставившего его ледникового языка, то есть, к этому времени ледники долин рр. Нарынгол и Богуты разделились. Мореной Нарынгольского ледника подпружено озеро Киндыктыкуль. Морена максимума второго мегастадиала (около 13 тыс. л.н.) представлена тремя субпараллельными цепочками холмов и грядок ниже Среднего Богутинского озера на отметках около 2400-2450 м. Фронт этой морены наиболее хорошо прослеживается в рельефе по левобережной части долины. Упомянутые субпараллельные цепочки моренных форм свидетельствуют, по-видимому, о прерывистости процесса постмаксимального сокращения ледника. В цунговом бассейне первой постмаксимальной морены второго мегастадиала лежит Большое Богутинское озеро. В рельефе морена этой стадии выражена слабо, как, впрочем, и в других долинах Алтая, что можно объяснить непродолжительностью стационарирования ледникового языка. Конечная морена второй постмаксимальной стадии (огнёвской, по алтайской па-

леогляциологической схеме) подпруживает небольшое безымянное озеро выше Бол. Богутинского. Моренный вал этой стадии хорошо выражен в рельефе по правобережью реки. В левобережье здесь поднимается продольная по долине 100-метровая гряда коренных горных пород.

Контур общего ледникового языка мультинской стадии прослеживается сразу ниже слияния водотоков, образующих р. Богуты. Хорошим ориентиром для этой стадии может служить небольшое округлое озеро в левобережье реки на отметке около 2480 м. Этот язык формировался ещё обоими ледниковыми потоками, выдвигавшимися из двух долин. Здесь из отложений по правобережью р. Богуты получены датировки 5510 ± 40 лет (СОАН-2122), 8730 ± 90 (СОАН – 2288), 8330 ± 95 лет (СОАН – 2289) [2]. Морены кочурлинской стадии лежат в разных долинах бассейна р. Юстыда. В левой (западной) долине конечная морена имеет отметку около 2580 м, а в правой (восточной) – конечная морена не выражена в рельефе, окончание языка фиксировано опусканием на дно долины концов валов береговых морен на отметках около 2540 м. Морена аккемской стадии лучше выражена в левой (западной) долине. Она заметным поперечным валом замыкает береговые морены на высоте 2660 м. Далее вверх по этой долине морфологических признаков стадияльной динамики ледника не обнаружено вплоть до отметок 2875 м. Здесь сложнорасчленённая карами головная часть долины перегорожена поперечным валом, связанным в левобережье с опускающейся сюда береговой мореной. Её мы относим к исторической стадии. Морены стадии XVII-XIX вв. лежат в пределах каров, частично или полностью занимая их днища на высотах 3100-3200 м над у.м. В правой (восточной) долине морена аккемской стадии лежит вблизи места слияния истоков, образующих общий водоток в этой долине на отметке около 2640 м. Мореной исторической стадии подпружены верхние озёра в днище каров головной части долины на отметках 2800-2900 м. Морены стадии XVII-XIX вв. лежат в карах на отметках около 3000-3100 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ивановский Л. Н. Новые данные по древнему оледенению в верховьях р. Чуи // Современные вопросы гляциологии и палеогляциологии. - М.: Наука, 1964. - С. 158 – 170.
2. Русанов Г.Г., Орлова Л.А. Радиоуглеродные датировки (СОАН) Горного Алтая и Предальтайской равнины. – Бийск: Алт. гос. акад. образования, 2013. – 290 с.
3. Guth, P.L., 2009, Geomorphometry in MICRODEM, In Hengl, T., Reuter, H.I. (eds), Geomorphometry: concepts, software, applications. Developments in Soil Science Series, Elsevier, p.351-366.

Исследования выполнены в рамках проекта РФФИ 13-05-00111 «Позднечетвертичная эволюция озерных систем Алтайской горной страны».

© П. С. Бородавко, 2015

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ АГРОМОНИТОРИНГА В ЗАДАЧАХ РАЦИОНАЛЬНОГО АГРАРНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Владимир Алексеевич Понько

СибНИИЗиХ, Лаборатория геомониторинга и геоинформационного моделирования, 630501, Россия, Новосибирская обл., п. г. т. Краснообск, тел. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Владимир Климентьевич Каличкин

СибНИИЗиХ, Лаборатория геомониторинга и геоинформационного моделирования, 630501, Россия, Новосибирская обл., п. г. т. Краснообск, тел. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Марина Ивановна Иванова

СибНИИЗиХ, Лаборатория геомониторинга и геоинформационного моделирования, 630501, Россия, Новосибирская обл., п. г. т. Краснообск, тел. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Саир Вафирович Хизаметдинов

СибНИИЗиХ, Лаборатория геомониторинга и геоинформационного моделирования, 630501, Россия, Новосибирская обл., п. г. т. Краснообск, тел. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Агромониторинг включает: анализ глобальной информации о почвенно-растительном покрове в рамках модели «климат – почва – урожай»; пополнение вековых агрометеорологических архивов данными гидрометеорологического и космического мониторинга; применение новых способов агрометеорологического прогнозирования для решения задач агроклиматической адаптации растениеводства, земледелия, мелиораций. Схемы агромониторинга включены в систему космогеопрогноза.

Ключевые слова: агроклиматические ресурсы, агромониторинг, астрогеомониторинг, математические модели, космогеопрогноз.

METHODOLOGY AND TECHNOLOGY OF THE AGROMONITORING IN PROBLEMS OF RATIONAL AGRARIAN NATURE MANAGEMENT

Vladimir A. Ponko

SibNIIZiC, Laboratory of geomonitoring and geoconstruction of information model, 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, tel. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Vladimir K. Kalichkin

SibNIIZiC, Laboratory of geomonitoring and geoconstruction of information model, 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, tel. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Marina I. Ivanova

SibNIIZiC, Laboratory of geomonitoring and geoconstruction of information model, 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, tel. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Sair V. Khizametdinov

SibNIIZiC, Laboratory of geomonitoring and geoconstruction of information model, 630501, Russia, Novosibirsk region, Krasnoobsk, tel. (383)348-67-02, e-mail: sair49@yandex.ru

Agricultural monitoring includes analysis of global information on land cover in the model of «climate-soil-crop»; replenishment of the age-old agro-meteorological archives with new data of hydro-meteorological and space monitoring; the application of new methods for agro meteorological forecasting to meet the challenges of agro-climatic adaptation of plant growing, farming, improvement of the soil. Agromonitoring schemes included in the system of kosmogeoprognoz.

Key words: agro-climatic resources, agromonitoring, astrogeomonitoring, mathematical models, kosmogeoprognoz.

Рациональное аграрное природопользование это система деятельности в отраслях аграрной сферы (растениеводство, земледелие, мелиорации), которая призвана обеспечить эффективные режимы использования агроклиматических ресурсов с учетом перспективных интересов общества и отраслей. Для этого необходима оценка почвенно-климатического потенциала агроландшафтов - агросистем с однотипными климатическими условиями, рельефом, почвами, агроценозами. Актуальны задачи адаптации отраслей к изменчивости климата с помощью долгосрочного прогнозирования агроклиматических ресурсов. В Основах государственной политики в области экологического развития РФ до 2030 года сказано о необходимости использования климатических прогнозов для рационального освоения сельскохозяйственных земель и лесов. Особую актуальность представляют прогнозы засухи и переувлажнения, вызывающих резкие спады урожайности культур.

На протяжении веков зоны аграрной деятельности определялись из народного опыта. Научное обобщение фактов природно-климатической зональности было заложено в трудах А. Гумбольдта, В.В. Докучаева, А.И. Воейкова. В последующем закон зональности «вещественно» наполнялся подведением количественного базиса в виде характеристик теплообеспеченности и увлажнения территории суши. Но не было универсальной связи между климатом, продуктивностью почв и урожайностью для всего земного пространства. Урожайность – количество продукции растениеводства с единицы посевной площади, рассчитываемая обычно в зерновом эквиваленте (ц зерновых единиц с гектара).

Авторами разработана методология агрометеомониторинга, включающая в себя анализ в рамках модели «климат-почва-урожай» информации о почвенно-растительном покрове и урожайности культур; пополнение вековых архивов данными гидрометеорологического и космического мониторинга; применение новых способов прогнозирования для решения задач агроклиматической адаптации отраслей. Адаптация растениеводства, земледелия, водных мелиораций заключается в гибкой привязке агротехнологий к изменчивости гидрометеорологических условий с помощью долгосрочных (на сельскохозяйственный год) и сверхдолгосрочных прогнозов аномалий климата, увлажнения, урожайности.

Разработана модель почвенно-климатического зонирования Земного шара и урожайности. Урожайность V рассчитывается по климатической формуле в центнерах зерновых единиц с гектара:

$$V = 10K_t K_{\phi,AP} (e^{k_y \cdot k_p \cdot \pi} - 1), \quad \text{если } k_y < 1,$$

$$V = 10K_t K_{\Phi AP} (e^{(1/k_y) \cdot k_p \cdot \pi} - 1), \text{ если } k_y > 1,$$

где K_t – коэффициент теплообеспеченности как отношение суммы среднесуточных положительных (активных) температур вегетационного периода к максимальной климатической сумме температур на Земле (10946°);

$K_{\Phi AP}$ – коэффициент использования фотосинтетически активной радиации (ФАР), близкий к 1,0;

k_y – коэффициент увлажнения как соотношение между количеством осадков (R) и испаряемостью, связанной с температурой воздуха: $R / (0,177 \cdot \sum T > 0^\circ)$;

константы $e = 2,718\dots$, $\pi = 3,14\dots$;

k_p – коэффициент «развития», равный 1,0507 или $(1,0167)^3$.

В климатической формуле отражаются пропорции трансформации в биотическую продукцию энергии света (ФАР), тепла или «напряженности» ФАР и увлажнения. Значения V , составленные из безразмерных коэффициентов, в конечном счете соответствуют размерности кг, м: ($10^2 \text{ кг} / 10^4 \text{ м}^2$).

В умеренном поясе максимум продуктивности почв идентифицируется с выщелоченными черноземами, севернее которых отмечается промывной режим почв, а южнее – дефицитный по влаге. Чтобы отразить гидротермический оптимум, значения коэффициентов увлажнения рассматриваются относительно единицы: $k_y = k_y$, если $k_y < 1$, и $k_y = 1/k_y$, если $k_y > 1$.

При единичных значениях K_b , $K_{\Phi AP}$ и k_y предельная урожайность составляет 261,8 центнера зерновых единиц с гектара. Она получена в опытах на фитотроне при круглосуточном освещении либо в нескольких урожаях за год на орошаемых участках в Аравийской пустыне. Расчет по экспоненциальной зависимости показывает, например, что увеличение k_y от 0,65 на южном черноземе до $k_y=1,0$ на обыкновенном черноземе, т.е. на 35%, соответствует росту урожайности в 3,5 раза.

Проверка климатической формулы проведена на примерах продуктивности почв Земного шара (табл.), урожайности в районах и на опытных полях.

Таблица

Связь средней урожайности зерновых культур (V) согласно климатической формуле и продуктивности почв из [1], равной (V^*e)

Почвы	(V^*e), ц/га	Суммы температур выше 0°	Коэффициенты увлажнения	V , ц/га (табл.1)
Тундровые	10-25	300-800	>1,0	4-9
Подзолистые и дерново-подзолистые	45-85	1200-3200	1,2-1,6	16-32
Черноземы	90-137	2100-4200	0,8-1,0	33-52
Каштановые	40	2400-5400	0,4-0,6	14
Серо-бурые	12	3400-5400	0,2-0,3	4-5
Красные и желтые тропических саванн	120	7200-9200	0,5-0,6	44
Красные и желтые влажных тропиков	325	8900-10900	1,2-1,3	120

В табл. биомасса годового прироста растительности сравнивается с рассчитанной по формуле климатически обеспеченной урожайностью (КОУ), выраженной в зерновом эквиваленте. Получается вывод о том, что продуктивность почв зональных типов в среднем в «е» раз ($e = 2,718\dots$) превышает КОУ. Произведение ($V \cdot e$) отражает по сути биоклиматический потенциал.

Наряду с климатически обеспеченной урожайностью рассматриваются категории действительно возможной (в реальных почвенных условиях) и хозяйственной урожайности, как интегральные показатели климата, плодородия земель и агротехники, показывающие меру освоения ежегодных агрометеорологических потенциалов (АМП). АМП рассчитываются также по климатической формуле и соответствуют урожайности, которая может быть получена на заданном земельном участке в течение вегетационного периода.

С 1996 года на опытном поле лаборатории севооборотов Сибирского НИИ земледелия и химизации (заведующий Г.М.Захаров) проводится выращивание культур в севооборотах при разных уровнях интенсификации. Климатические условия расположенной рядом метеостанции Огурцово со среднемноголетним значением $k_y = 1,04$ на выщелоченном черноземе близки к природному оптимуму увлажнения. Агрометеорологические потенциалы здесь были реализованы в посевах озимой ржи после пара, вики-овса, клевера (до 70 центнеров зерновых единиц с гектара). Урожайность зерновых яровых культур была ограничена величиной 57 ц/га, что соответствует значению $K_{ФАР} = 1,0$. Из этого следует, что озимые и зерно-травяные агроценозы более эффективно используют энергию ФАР.

На рис. 1 показан диапазон межгодовой изменчивости коэффициентов увлажнения в Огурцово и Карасуке, расположенных соответственно в центрально-лесостепном и степном агроландшафтных районах на территории Новосибирской области.

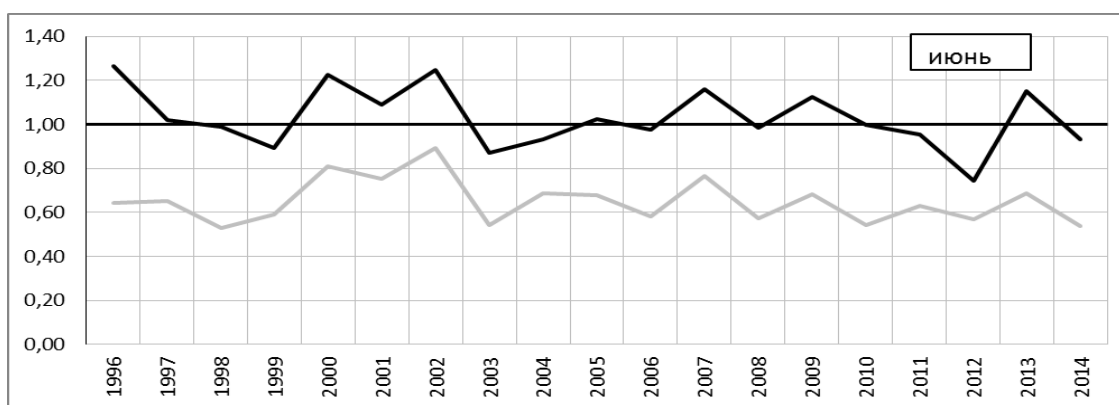


Рис. 1. Коэффициенты увлажнения в июне по метеостанциям Огурцово (вверху) и Карасук

Рассматриваемые модели могут быть полезны при решении задач глобальной оценки продуктивности почвенно-растительного покрова и размещения культур по тепло-влагообеспеченности. Для этого необходимо сопоставление

информации, получаемой со спутников, с данными 8 тысяч метеостанций, которые применяются в схемах агрометеорологического мониторинга.

Синтез агрометеорологической информации необходим для оценки резервов, которые можно реализовать с помощью адаптации агротехники к ожидаемым условиям. Но для этого даже точных долгосрочных прогнозов характеристик тепло-влажностности оказывается не достаточно, поскольку линейные регрессионные модели позволяют оценить около 70% дисперсии связей погодных факторов и урожайности культур. Неопределенности можно снизить с помощью расчетов агрометеопотенциалов, урожайности культур и их прогнозов на предстоящие вегетационные сезоны. Прогнозы могут быть детализированы в процессе мониторинга агрометеорологической обстановки и оценки видов на урожаи по космическим снимкам.

Однако в современной практике данные космической съемки учитываются в основном при оценке последствий чрезвычайных событий типа засухи или наводнения, что не позволяет заблаговременно подготовиться к ним, а примеры прогнозов урожаев на сибирских полях пока не убедительны.

Опыт стыковки прогностических схем с данными агромониторинга начинался в 1991-1992 гг. в сотрудничестве с РосНИЦ «Земля» (директор П.Р. Попович). Далее схемы были обобщены в способах прогнозирования аномалий экосферы и экологического состояния на Земле или ее части [2,3]. Прогнозирование агрометеорологических потенциалов и урожайности проводится с помощью моделирования геокосмических связей во временных рядах. Геокосмические связи это зависимости между параметрами экосферы и астрономическими (космическими) факторами, изначально рассчитываемыми по канонам небесной механики. Экстраполяция детерминированных геокосмических связей на будущее позволяет достоверно рассчитывать на сезоны и годы вперед аномалии, связанные со стационарными антициклонами, вызывающими засухи, либо циклонами, определяющими осадки и переувлажнение земель.

На рис. 2 показана модель ряда урожайности зерновых культур в Новосибирской области с прогнозом на 2012-2015 годы. Колебания урожайности описаны суммой циклических компонент, которые отражают резонансные сочетания астрономических факторов, определяющих динамику планетарных волн атмосферы над данным регионом. Максимумы синусоид соответствуют проявлению барических воронок, циклональному характеру погоды, а минимумы синусоид связаны с гребнями волн, антициклонами и дефицитом осадков.

На графике видны тренды, 6-8-летние и квази-2-летние циклы. Прогноз на 2012 год был 9 ц/га, а фактическая урожайность составила 9,5 ц/га. В 2012 году над территорией области наблюдались устойчивые антициклональные условия, что вызвало июньско-июльскую засуху, при которой величины коэффициентов увлажнения не превышали 0,6-0,9. В 2013 году урожай уменьшился из-за переувлажнения во вторую половину вегетационного сезона, особенно в августе. Фактическая урожайность в 2013 и 2014 годы составила соответственно 15,4 и 11,9 ц/га в амбарном весе, то есть прогноз на 3 года оправдался. Прогноз на 2015 год составлял 16 ц/га. Хорошее предшествующее увлажнение осени

2014 и весны 2015 года создает для этого предпосылки, однако обстановка в аграрной отрасли области сложная.

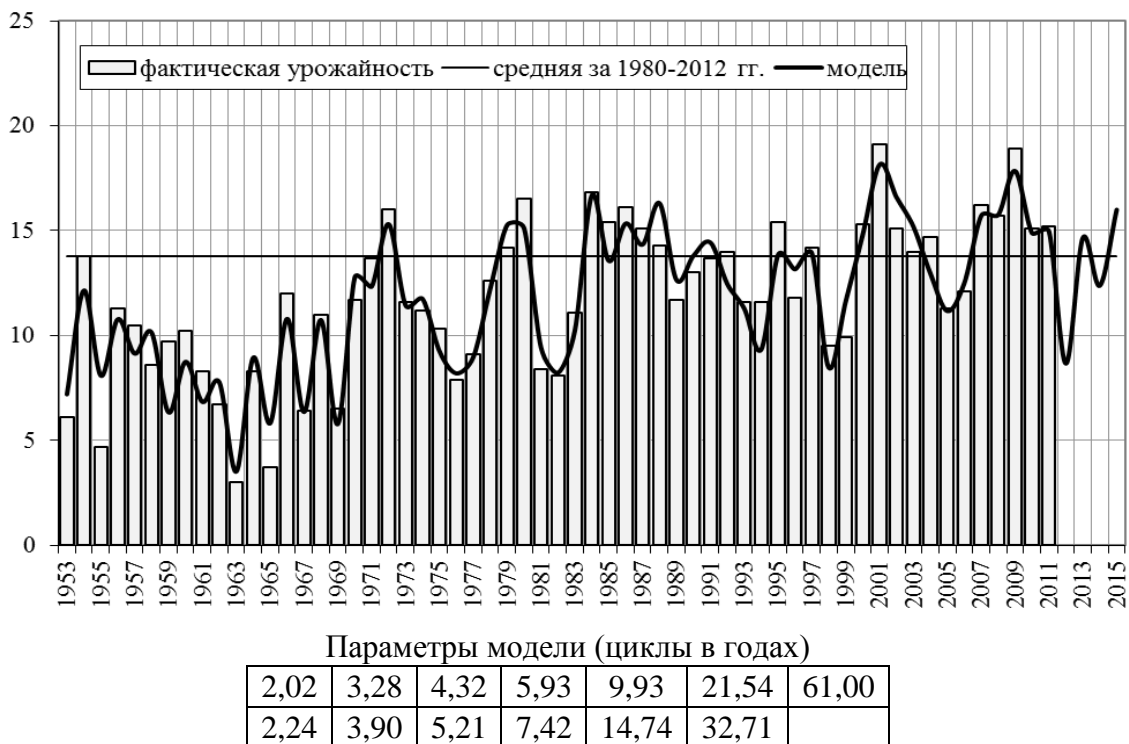


Рис. 2. Модель и прогноз на 2012-2015 годы урожайности зерновых культур в Новосибирской области: 9; 14,9; 12,3; 16 ц/га

Алгоритм построения модели временного ряда следующий. В структуре исходного ряда выделяются серии циклических компонент, которым дается астрогеофизическое обоснование. По обоснованному набору компонент проводится аппроксимация суммой косинусоид, параметры (амплитуда, период, фаза) которых рассчитываются с помощью метода экспоненциальной аппроксимации. Заданному временному ряду $X[n]$ ставится в соответствие модель:

$$X[n] = \sum_{i=1}^{P_x} A_{xi} \exp[\alpha_{xi}(n-1)T] \cos[\omega_{xi}(n-1)T + \varphi_{xi}], n \in [1, N],$$

где T - интервал дискретизации, $A_{xi}, \omega_{xi}, \varphi_{xi}$ - параметры модели, соответственно амплитуда, частота и фаза i -й незатухающей косинусоиды.

Спектральный анализ позволяет выделить ритмы (периоды, циклы) на выбранных участках стационарности и определить многоритмичный сценарий. В модели принимаются циклы, наиболее близкие к выделенному спектру, вытекающие из резонансных сочетаний астрономических факторов. По методу наименьших квадратов определяются коэффициенты модели и находится стандартная ошибка. Начальные фазы и амплитуды ритмов интерпретируются как результаты резонансных сочетаний детерминированных факторов.

Предшествующий опыт агромониторинга отражен в публикациях и показал практическую значимость в Сибирском регионе и России [4-8]. Разработаны схемы глобального астрогеомониторинга, которые включают в себя расчеты астрономических факторов в сопоставлении с данными агрометеорологического и космического мониторинга. Астрономические факторы рассчитываются и представляются на временных графиках и карте Земли на сотни лет назад и десятки лет вперед. Регулярно пополняется архив снимков атмосферы Земли с геостационарных спутников. Эти схемы описаны в докладе на конференции 2011 года [9] и являются составной частью системы космогеопрогноза.

Система включает в себя способы космогеосистемного анализа и прогнозирования аномалий в экосфере Земли с помощью моделирования и экстраполяции в будущее геокосмических связей. Теперь необходимо эти способы глубже адаптировать к долгосрочному агрометеорологическому прогнозированию. Разработка должна завершиться технологией, включающей способы с точностью прогнозов природообусловленных аномалий выше 90%.

В состав программно-аппаратного комплекса входят архивы и программы, которые необходимо доработать, чтобы создать автоматизированное рабочее место специалиста по агромониторингу. Базы гидрометеорологических данных основываются на архивах Гидрометеослужбы, Всемирной метеорологической организации и пополняются в основном из сети Интернет. Картографическое обеспечение состоит из: карт с административными границами стран, областей, штатов, объектами гидрографии, информацией о почвенном и растительном покрове в известных географических проекциях.

Технология агромониторинга нацелена на информационное обеспечение аграрных отраслей в регионах для оптимизации использования агроклиматических ресурсов. Для этого необходимо построить динамические экономические модели. Такие модели в России не разрабатывались, потому что для них нужны прогнозы урожайности культур на пять лет в разрезе агроландшафтных районов. Прогнозы могут быть получены из моделей агрометеорологических потенциалов и хозяйственной (агроклиматически обеспеченной) урожайности зерновых и кормовых культур.

Например, для Новосибирской области можно составить матрицу для 7 районов с прогнозом на 5 лет и тогда в модели будет 35 блоков. Каждый блок составляется на основе прогноза урожайности культур и балансируется по животноводческой продукции с учетом запасов кормов и поставок из других регионов. Суммарные объемы продукции растениеводства и животноводства балансируются в координирующем блоке. Затраты ресурсов и труда учитываются в целевой функции минимизации затрат на производство продукции. Это позволит минимизировать ущерб в аномальные годы и оптимизировать обеспечение региона собственной сельскохозяйственной продукцией, вывоз ее в северные области и на экспорт.

Первоочередные задачи следующие:

- анализ и пополнение информации агрометеорологических архивов для разработки агроклиматических сценариев, решения задач оптимального размещения культур, создания адаптивных систем земледелия нового поколения;
- модернизация программно-аппаратного комплекса для проведения агромониторинга, агрометеорологического прогнозирования, разработки моделей для управления сельскохозяйственным производством;
- создание рабочего места специалиста по агромониторингу и прогнозированию для информационной поддержки отраслей по вопросам агроклиматической адаптации растениеводства, земледелия, водных мелиораций, страхования сельских товаропроизводителей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения. - М.: Просвещение, 1967. - 350 с.
2. Патент на изобретение РФ № 2164029 Способ прогнозирования аномалий экосферы на Земле или её части (2000).
3. Патент на изобретение РФ № 2164030 Способ прогнозирования экологического состояния на Земле или её части (2000).
4. Понько В.А. Введение в систему «Экопрогноз». - М.: Новый век, 2000.–136 с.
5. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области // СО РАСХН – 2002. – 388 с.
6. Понько В.А. Агроклиматическая адаптация земледелия // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2008.3. – С. 57-62; 2008.4. - С. 42-48.
7. Понько В.А., Каличкин В.К., Иванова М.И. Почвенно-климатическое зонирование и продуктивность агроландшафтов // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2009. – № 12. - С.5-13.
8. Каличкин В.К., Понько В.А., Иванова М.И., Хизаметдинов С.В. Агроклиматический прогноз и его использование в специализации растениеводства // СО РАСХН – 2009. – С. 202-210.
9. Понько В.А. Предупреждение кризисных и чрезвычайных ситуаций на основе методологии космогеоэкопрогноза // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск: СГГА, 2011. Т. 1, ч. 2. – С. 156–163.

© В. А. Понько, В. К. Каличкин, М. И. Иванова, С. В. Хизаметдинов, 2015

ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ольга Геннадьевна Невидимова

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, 634055, Россия, г. Томск, пр. Академический, 10/3, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, тел. (3822)49-22-23, e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

В статье рассматриваются методические вопросы оценки климатического ресурса – солнечной энергии и особенности распределения потенциала солнечной энергии по территории Западной Сибири.

Ключевые слова: солнечная энергия, потенциал гелиоресурсов, Западная Сибирь.

ASSESSMENT OF CLIMATIC RESOURCES OF WESTERN SIBERIA

Olga G. Nevidimova

Institute of monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, 634055, Russia, Tomsk, 10/3 Academichesky Ave., candidate of geographical science, senior researcher, tel. (3822)49-22-23, e-mail: olga-nevidimova@mail.ru

The article discusses the methodological issues estimation of climatic resource - distribution characteristics of solar energy and solar energy potential on the territory of Western Siberia.

Key words: solar energy, helioresurs potential, Western Siberia.

Необходимым условием оптимального использования климатических ресурсов является аргументированная и детальная оценка их пространственной и временной изменчивости. Оценка климатических ресурсов, а именно, солнечной энергии и энергии ветра имеет не только теоретическое, научно-исследовательское значение, но и прикладное; причем второе в современных реалиях приобретает особую актуальность и приоритетность, как с экологических, так и с экономических позиций. Кроме того, происходящие природно-климатические изменения обуславливают необходимость периодической корректировки имеющихся кадастровых оценок этих ресурсов, а современная динамичная ассимиляция инновационных разработок и традиционных технологий влечет за собой пересмотр возможности и целесообразности активного потребления энергии из возобновляемых источников. Для Западной Сибири, характеризующейся обширной территорией и высокой концентрацией разнообразных природных ресурсов, оценка гелио- и ветроэнергоресурсов актуальна и с точки зрения минимизации вредного воздействия на окружающую среду, и с точки зрения доступности энергопотенциалов.

При оценке гелиоресурсов важным показателем режима излучения является продолжительность солнечного сияния, поскольку негативным фактором в работе гелиоустановок является прерывистость получения солнечной радиации, из-за чего теряется значительная часть энергии. Не менее существенная характеристика - облачность, изменчивость которой в течение дня вызывает нерав-

номерность работы гелиоустановок, особенно солнечных концентраторов, которые воспринимают прямые солнечные лучи.

Для определения гелиоэнергетических ресурсов используются следующие показатели:

- суммы прямой и суммарной радиации, их изменчивость в разные временные интервалы в условиях ясного и пасмурного неба;
- продолжительность солнечного сияния (долгосрочные показатели, пространственно-временное распределение); его изменчивость; непрерывная продолжительность солнечного сияния выше указанного уровня; число дней без солнца;
- повторяемость облачности разных градаций

На основе этих показателей получают: максимальный (при условии ясного неба) и фактический (средние условия облачности) потенциал солнечной энергии; потенциальные гелиоресурсы, принципиально доступные для практического использования; оптимальные углы наклона, которые обеспечивают максимальный поток солнечного излучения на принимающую поверхность гелиоустановки; оптимальную ежедневную сумму прямой и суммарной радиации; показатели непрерывной продолжительности солнечного сияния (более 6 часов), обеспечивающие эффективную работу гелиоустановки.

На следующем этапе проводится районирование территории на основе обобщения актинометрической и метеорологической информации с использованием комплекса специализированных индикаторов, отражающих как долгосрочный режим поступления солнечной радиации, так и его изменчивость. В табл. представлены результаты районирования и оценки потенциала солнечной энергии.

По сравнению с остальными районами Сибири область Заполярья обладает не очень высоким потенциалом по использованию гелиоустановок. Однако большое количество солнечной энергии, поступающее в район летом, обусловленное значительной продолжительностью дня, определяет возможность локального использования гелиоустановок в энергосодержании зданий. Наиболее благоприятный период – май-август, когда ежедневная суммарная радиация составляет 22,2 – 23,6 МДж/м².

Таёжная и лесоболотная зона, охватывая центральную часть Западной Сибири, характеризуется довольно высокими значениями прямой радиации; летом день продолжительный, интенсивность потока радиации резко возрастает в часы до полудня; затем понижение потока солнечной радиации происходит плавно. Все это создает благоприятные условия для использования гелиоустановок. Существенным же ограничением широкого использования солнечной энергии является большая повторяемость облачных дней: из-за концентрации путей циклонов в низовьях Чулыма летом вся зона тайги долгое время может находиться в области циклональных полей. Это вызывает значительное ослабление солнечной радиации. Поэтому в этом районе Сибири целесообразно использовать местные гелиоустановки ограниченного действия.

Лесостепной район Западной Сибири имеет значительный уровень инсоляции при среднесуточном приходе суммарной радиации в летнее время от 24,9

до 27,2 МДж/м². Здесь также имеется хороший потенциал ветроэнергоресурсов. Поэтому в этом районе существует потенциальная возможность для применения установок когенерации с использованием энергии солнца и ветра.

Таблица

Районирование территории Западной Сибири по потенциалу солнечной энергии

Район	Потенциал солнечной энергии				Вклад прямой радиации в суммарную	повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния, %	Количество ясных дней, год	Оценка потенциала солнечной энергии, %
	прямая радиация на перпендикулярную поверхность, МДж/м ²		суммарная радиация на горизонтальную поверхность, МДж/м ²					
	Апрель-сентябрь	год	Апрель-сентябрь	год				
тундра п-овов Ямал и Гыданский; приполярная лесотундра	7494-7763	9386-9891	4256-4336	4780-5008	0,76	34,5	217	52
Тайга и лесоболотная зона	7090-7567	10182-10372	4433-4517	5347-5681	0,80	31,2	254	65
Лесостепь	6524-7112	9837-10274	4463-4520	5638-5925	0,77	37,0	288	77
Горные районы	6705-7905	10114-12817	4546-5176	5907-7178	0,78	40,8	346	78

Низкогорные и горные районы Салаира, Алтая, Кузнецкого Алатау и Горной Шории характеризуются большой неравномерностью режима инсоляции. Так, очень высоким потенциалом гелиоресурса обладают широкие плоские межгорные котловины, такие как Чуйская, Курайская, Бертекская и т.д. Эти районы получают максимум солнечной энергии среди районов Западной Сибири, по мере развития технологий энергоустановки на гелиоисточнике смогут вносить ощутимый вклад в производство электро- и теплоэнергии. В настоящее время экономически целесообразно использовать гелиоустановки в апреле – августе; для того, чтобы обеспечить энергетические потребности в течение всего года, следует планировать использование комплексов когенерации (гелио-, ветро-, дизельные установки).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кондратьев К.Я., Пивоварова З.И., Федорова М.П. Радиационный режим наклонных поверхностей, Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 216 с.
2. Пивоварова З.И., Стадник В.В. Климатические характеристики солнечной радиации как источника энергии на территории СССР, Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 291 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетие данные, Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993.

© О. Г. Невидимова, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

1. <i>В. А. Кихтенко, Е. А. Мамаш, В. В. Смирнов, Д. Л. Чубаров.</i> Инфраструктура для выполнения научно-исследовательских работ с использованием данных дистанционного зондирования в ИВТ СО РАН.....	3
2. <i>И. И. Амелин, В. К. Гусяков, П. С. Зиновьев, З. А. Ляпидевская.</i> Интернет-версия экспертной базы данных по импактным структурам Земли	8
3. <i>С. М. Борзов, А. О. Потатуркин.</i> Спектрально-пространственная классификация типов подстилающей поверхности по гиперспектральным данным	13
4. <i>Д. Л. Чубаров, В. А. Кихтенко, Е. А. Мамаш, В. В. Смирнов.</i> Пространственная агрегация термоточек для обнаружения промышленных источников тепла.....	18
5. <i>А. С. Феоктистов, Е. С. Нежевенко.</i> Классификация гиперспектральных изображений с помощью преобразования Гильберта – Хуанга.....	23
6. <i>Т. В. Ярославцева, В. Ф. Рапута.</i> Закономерности длительного загрязнения атмосферы и снежного покрова г. Новосибирска	28
7. <i>В. Н. Антонов, М. Г. Захватов, А. А. Косторная.</i> Первичные результаты внедрения технологии по распознаванию типов и характеристик облачности.....	34
8. <i>Е. А. Мамаш, Д. Е. Аюнов, В. А. Кихтенко, В. В. Смирнов, Д. Л. Чубаров.</i> Исследование температурного режима территории Семипалатинского полигона с использованием пространственно-временной агрегации длинных рядов спутниковых измерений.....	39
9. <i>И. А. Пестунов, П. В. Мельников.</i> Метод главных компонент и его модификации в задачах классификации гиперспектральных данных	45
10. <i>С. А. Рылов, И. А. Пестунов.</i> Использование графических процессоров NVIDIA при кластеризации мультиспектральных данных сеточным алгоритмом SSA.....	51
11. <i>Ю. Н. Синявский, И. А. Пестунов, С. А. Рылов, П. В. Мельников.</i> Совместная обработка разнородных данных при сегментации спутниковых изображений высокого разрешения.....	57
12. <i>О. Ю. Дашевский, Е. С. Нежевенко.</i> Классификация гиперспектральных изображений с помощью нейронных сетей с бинарными и многоуровневыми нейронами	62
13. <i>А. А. Бучнев, В. П. Пяткин.</i> Нечеткая контролируемая классификация данных дистанционного зондирования Земли	67
14. <i>А. А. Конев, И. Г. Пальчикова.</i> Библиотека OpenCV и ее использование в задачах цитофотометрии	71
15. <i>В. П. Пяткин, Г. И. Салов.</i> Обнаружение польней.....	77
16. <i>В. С. Сидорова.</i> Детальность кластеризации и сокращение размерности пространства спектральных признаков данных ДЗЗ.....	83
17. <i>М. В. Якутин, А. Г. Шарикалов.</i> Анализ состояния экосистем на территории Кальчинского месторождения нефти с использованием методики автоматизированного дешифрирования.....	88
18. <i>М. В. Якутин, В. С. Андриевский, Л. Ю. Анопченко.</i> Почвенно-биологические методы в экологическом мониторинге первых стадий рассоления почв Западной Барабы.....	93
19. <i>Ю. П. Юронен, В. В. Иванов, А. Н. Борисевич.</i> Разработка системы оперативного экологического мониторинга Красноярского края	98
20. <i>А. Г. Шарикалов, М. В. Якутин.</i> Экологическая обстановка на объектах нефтедобычи Тюменской области по данным дистанционного зондирования	103

21. <i>В. В. Головкин, В. Л. Истомин.</i> Скорости седиментации пыльцевых частиц (индивидуальных зерен пыльцы и агломератов) западно-сибирских сорных трав	108
22. <i>Л. К. Трубина, Д. В. Панов.</i> Некоторые аспекты совершенствования информационного обеспечения мониторинга городских земель	113
23. <i>Ю. Н. Самсонов, В. И. Макаров.</i> Применение аэрозолей природных биологически активных веществ для регулирования роста растений	117
24. <i>Т. И. Савченко, О. В. Чанкина, А. В. Бгатов.</i> Влияние биогеохимической среды на особенности развития животных Горного Алтая	121
25. <i>А. В. Пучкин.</i> Диагностика энергетических характеристик биомассы в горных ландшафтах	126
26. <i>С. А. Попова, В. И. Макаров, М. А. Бизин, О. В. Чанкина, Б. С. Смоляков, М. П. Шинкоренко.</i> Источники и временные вариации химического состава атмосферного аэрозоля в Новосибирской области	130
27. <i>О. Н. Николаева.</i> Инфраструктура природно-ресурсных пространственных данных как средство формирования единого природно-ресурсного информационного пространства России	135
28. <i>Е. А. Мусеева, А. И. Шепелев, Л. Ф. Шепелева.</i> Влияние нефтяного загрязнения на рост и развитие галеги восточной в условиях средней тайги Западной Сибири	140
29. <i>Н. И. Михайлова, А. Н. Логиновская.</i> Прошлое, настоящее и будущее водной системы Зайсан – Иртыш	147
30. <i>Т. А. Лебедева, Е. В. Шитилова.</i> Методология и научно-технические принципы мониторинга и комплексной оценки лесных земель на интенсивно осваиваемых территориях	153
31. <i>Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев.</i> Концептуальное представление о целостности материального мира (Вселенной)	157
32. <i>Ю. С. Ларионов, О. Г. Марков, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов, Е. И. Баранова.</i> Моделирование состояния естественного электромагнитного фона на основе 3D визуализации	169
33. <i>Ю. С. Ларионов, Н. А. Ярославцев, С. М. Приходько, Е. В. Екимов.</i> Роль геоинформатики в понимании информации как энергоинформационной основы эволюции живого, придающей ей целостность	175
34. <i>И. М. Ламков.</i> О содержании экологических паспортов	181
35. <i>Е. А. Кукавская, С. В. Жила, Г. А. Иванова, Л. В. Буряк.</i> Оценка эмиссии углерода при пожарах в светлохвойных и лиственных насаждениях Красноярского края	185
36. <i>Д. С. Дубовик, М. В. Якутин.</i> Динамика площадей незакрепленных песков в Тыве по данным дистанционного зондирования	190
37. <i>А. С. Кузнецов.</i> Энергообеспеченность склоновых процессов в горноледниковых бассейнах Центрального Алтая	195
38. <i>Н. А. Кудеринова, А. К. Какимов, С. М. Кудеринов, Ж. З. Толеубекова, К. С. Исабекова.</i> Радиоэкологическая обстановка территорий, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону	200
39. <i>Б. М. Кленов.</i> Дискуссионные вопросы гумуса выщелоченных черноземов Западной Сибири	207
40. <i>С. Ю. Капустянчик, Н. И. Добротворская.</i> Мониторинг сельскохозяйственных земель с использованием электронной картографии	211
41. <i>А. А. Калиева, А. В. Ермиенко.</i> К вопросу об опасности ртутного загрязнения подземными водами реки Иртыш	216
42. <i>С. В. Жила, Г. А. Иванова, Е. А. Кукавская.</i> Послепожарный мониторинг фитомассы древостоя лиственничников Нижнего Приангарья	222

43. <i>А. В. Егорина, А. Н. Логиновская.</i> Экологические аспекты использования прибрежной территории Бухтарминского водохранилища.....	227
44. <i>Е. И. Баранова, А. Ю. Луговская.</i> Использование метода компьютерного анализа цифровых изображений в биоиндикационных исследованиях.....	236
45. <i>В. В. Головкин, В. Л. Истомин.</i> Оценка изменения объема зерен пыльцы с использованием метода фотограмметрической обработки изображений.....	240
46. <i>Т. Ш. Фузелла.</i> Пространственная дифференциация энергетического потенциала почвенного покрова Томской области	246
47. <i>П. С. Бородавко.</i> Геоинформационный анализ постгляциального лимногенеза Юго-Восточного Алтая.....	250
48. <i>В. А. Понько, В. К. Каличкин, М. И. Иванова, С. В. Хизаметдинов.</i> Методология и технология агромониторинга в задачах рационального аграрного природопользования	256
49. <i>О. Г. Невидимова.</i> Оценка климатических ресурсов Западной Сибири	264

CONTENTS

1. V. A. Kikhtenko, E. A. Mamash, V. V. Smirnov, D. L. Chubarov. Scientific research infrastructure for efficient remote sensing data utilization in ICT SB RAS.....	3
2. I. I. Amelin, V. K. Gusiakov, P. S. Zinoviev, Z. A. Liapidevskaya. Ininternet-versiya of the expert database on impaktny structures of the Earth.....	8
3. S M. Borzov, A. O. Potaturkin. Spectral-spatial classification of hyperspectral remote sensing image.....	13
4. D. L. Chubarov, V. A. Kikhtenko, E. A. Mamash, V. V. Smirnov. Spatial aggregation of thermal hotspots for the detection of industrial heat sources	18
5. A. S. Feoktistov, E. S. Nejevenko. Classification of hyperspectral images by means of Hilbert – Huang transform.....	23
6. T. V. Yaroslavtseva, V. F. Raputa. Regularities of long atmosphere and snow cover pollution in Novosibirsk.....	28
7. V. N. Antonov, M. G. Zakhvatov, A. A. Kostornaya. Primary results the new tehnology for generating quantitative cloud products.....	34
8. E. A. Mamash, D. E. Ayunov, V. A. Kikhtenko, V.V. Smirnov, D. L. Chubarov. Study of land surface temperature on Semipalatinsk nuclear test range via spatial-temporal aggregation of long series of satellite measurements	39
9. I. A. Pestunov, P. V. Melnikov. Principal component analysis and its modifications in hyperspectral image classification.....	45
10. S. A. Rylov, I. A. Pestunov. NVIDIA GPU for multispectral data clustering with grid-based algorithm CCA.....	51
11. Yu. N. Sinyavskiy, I. A. Pestunov, S. A. Rylov, P. V. Melnikov. Joint processing of heterogeneous data for segmentation of high-resolution satellite images.....	57
12. O. Yu. Dashevskii, E. S. Nejevenko. Classification of hyperspectral images by means of artificial neural networks with binary and multi-valued neurons.....	62
13. A. A. Buchnev, V. P. Pyatkin. Fuzzy supervised classification of Earth remote sensing data.....	67
14. A. A. Konev, I. G. Palchikova. The OpenCV library and its using on cytophotometry tasks	71
15. V. P. Pyatkin, G. I. Salov. Detection of polynyas.....	77
16. V. S. Sidorova. Detail of clustering and reducing the space spectral features dimension for remote sensing data.....	83
17. M. V. Yakutin, A. G. Sharikalov. Analysis of the status of ecosystems in the territory of Kalchinsk oil field using automated interpretation methods.....	88
18. M. V. Yakutin, V. S. Andrievskiy, L. Yu. Anopchenko. Soil-biological methods in environmental monitoring of the first stages of soil desalinization in the Western Baraba.....	93
19. Yu. P. Yuronen, V. V. Ivanov, A. N. Borisevich. Development of the operational ecological monitoring system of the Krasnoyarsk territory.....	98
20. A. G. Sharikalov, M. V. Yakutin. The ecological situation on the oil production facilities in the Tyumen region based on remote sensing data	103
21. V. V. Golovko, V. L. Istomin. The sedimentation rates of west-siberian weed pollen particles (individual grains and their agglomerates)	108
22. L. K. Trubina, D. V. Panov. Aspects of improving the information support of monitoring of urban land.....	113
23. Yu. N. Samsonov, V. I. Makarov. Aerosol application of natural bioactive substances for growth regulation of agricultures.....	117

24. T. I. Savchenko, O. V. Chankina, A. V. Bgatov. Influence of biogeochemical environment on the peculiarity development of animals Mountainin Altai	121
25. A. V. Puchkin. Diagnosis of energy characteristics of biomass mountain landscape.....	126
26. S. A. Popova, V. I. Makarov, M. A. Bizin, B. S. Smolyakov, M. P. Shinkorenko. Sources and temporal variations of chemical composition of total suspended particulate in Novosibirsk region.....	130
27. O. N. Nikolaeva. The spatial data infrastructure for natural recourses as a means of development of natural recourses common information space in Russian Federation.....	135
28. E. A. Moiseeva, A. I. Shepelev, L. F. Shepeleva. Effects of oil pollution on the growth and development of galega orientalis (<i>galega orientalis</i> lam.) in the middle taiga Western Siberia.....	140
29. N. I. Mihailova, A. N. Loginovskaya. The past, present and future of Zaisan – Irtish water system	147
30. T. A. Lebedeva, E. V. Shipilova. Methodology and scientific and technical principles of monitoring and integrated assessment of forest lands in the intensively developed territories	153
31. Yu. S. Larionov, N. A. Jaroslavtsev. Conceptual idea of integrity of the material world (Univrse).....	157
32. Yu. S. Larionov, O. G. Markov, N. A. Jaroslavtsev, S. M. Prikhodko, E. V. Ekimov, E. I. Baranova. Simulation of the state of natural electromagnetic background based on 3D visualization.....	169
33. Yu. S. Larionov, N. A. Jaroslavtsev, S. M. Prikhodko. E. V. Ekimov. Role of geo-informatics in understanding how information energy-information basis evolution of life, to give it integrity	175
34. I. M. Lamkov. The content of ecological passports	187
35. E. A. Kukavskaya, S. V. Zhila, G. A. Ivanova, L. V. Buryak. Estimation of carbon emissions from fires in light-coniferous and deciduous forests of Krasnoyarsk krai.....	185
36. D. S. Dubovik, M. V. Yakutin. Dynamics of areas of loose sand in Tuva on remote sensing data.....	190
37. A. S. Kuznetsov. Power supply of slope processes in mountain-glacial pools of Central Altay.....	195
38. N. A. Kuderinova, A. K. Kakimov, S. M. Kuderinov, Zh. Z. Toleubekova, K. S. Issabekova. Radio ecological situation of territories adjacent to Semipalatinsk test proving ground.....	200
39. B. M. Klenov. Debatable problems of humus of leached chernozems of Western Siberia	207
40. S. Yu. Kapustyanchik, N. I. Dobrotvorskaya. The observation of agricultural lands with the use of electronic maps	211
41. A. A. Kaliyeva, A. V. Ermienko. To the question about dangers of mercury contamination of groundwater Irtysk river	216
42. S. V. Zhila, G. A. Ivanova, E. A. Kukavskaya. The postfire monitoring of the phytomass of larch stand of Lower Angara region	222
43. A. V. Egorina, A. N. Loginovskaya. Environmental aspects of using of the Bukhtarma reservoir's coastal territory	227
44. E. I. Baranova, A. Yu. Lugovskaya. Use of the method of the computer analysis of digital images in bioindicator researches	236

45. <i>V. V. Golovko, V. L. Istomin</i> . Estimation of the change in the pollen grains volume by method of photogrammetric processing of images	240
46. <i>T. Sh. Fuzella</i> . Spatial differentiation of soil potential for Tomsk region.....	246
47. <i>P. S. Borodavko</i> . Gis analysis of postglacial lymnogenesis of Southeast Altay	250
48. <i>V. A. Ponko, V. K. Kalichkin, M. I. Ivanova, S. V. Khizametdinov</i> . Methodology and technology of the agromonitoring in problems of rational agrarian nature management.....	256
49. <i>O. G. Nevidimova</i> . Assessment of climatic resources of Western Siberia.....	264

Научное издание

XI Международные научный конгресс и выставка

ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ-2015

Международная научная конференция

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ФОТОГРАММЕТРИЯ, МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ГЕОЭКОЛОГИЯ

Т. 2

Сборник материалов

Материалы публикуются в авторской редакции

Компьютерная верстка *Л. Н. Шиловой*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 14.04.2014. Формат 60 × 84 1/16

Печать цифровая.

Усл. печ. л. 15,87. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, 108, ул. Плеханова, 8.