

61:83-11/46-5

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра географии почв и геохимии ландшафтов

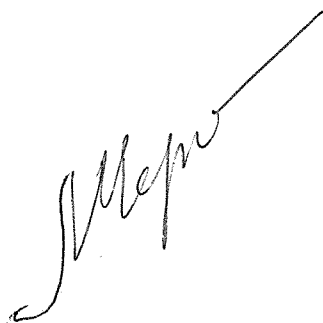
На правах рукописи

Черняго Любовь Сергеевна

ГЕОХИМИЯ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В КАСКАДНОЙ ЛАНДШАФТНО-
ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ

(II.00.01. - Физическая география,
геофизика и геохимия ландшафтов)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата географических наук



Научный руководитель:
заслуженный деятель науки РСФСР,
доктор географических наук,
профессор М.А. ГЛАЗОВСКАЯ

МОСКВА, 1982

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>стр.</i>
Введение	4 — 9
Глава I. ИЗУЧЕННОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ЛЕГКОРАС- ТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В ЛАНДШАФТАХ	10 — 22
Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ	23 — 80
а) Геологическое строение	24 — 31
б) Геологическая история и палеогеохимия ландшафтов региона	31 — 41
в) Геоморфологическое строение	41 — 46
г) Климатические условия	47 — 51
д) Поверхностные и подземные воды	51 — 58
е) Почвы и растительность	58 — 76
ж) Ландшафтные пояса и зоны	77 — 80
Глава 3. МЕТОДИКА ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВА- НИЙ	81 — 87
Глава 4. СОЛЕНАКОПЛЕНИЕ В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ	88 — 109
а) Миграция легкорастворимых солей в подземных во- дах	88 — 95
б) Распределение легкорастворимых солей в почвах и рыхлых четвертичных отложениях	95 — 109
Глава 5. ВОЗДУШНАЯ МИГРАЦИЯ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ	110 — 127
Глава 6. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕР- ГАНЫ ПО ИОННО-СОЛЕВОМУ СТОКУ И АККУМУЛЯЦИИ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ	128 — 150
Заключение	151 — 154
Выводы	155 — 156
Список литературы	157 — 166

ВВЕДЕНИЕ

Одной из важнейших задач в области экономического развития Среднеазиатского региона в настоящее время является улучшение мелиоративного состояния и водообеспеченности поливных земель /1/. Пятилетним планом развития народного хозяйства на 1981–85 гг., принятом на XXVI съезде КПСС, в области сельского хозяйства по Таджикской ССР предусмотрен ввод 50–55 тыс. га земель под орошение, расположенных, в основном, на территории Северного Таджикистана в пределах Камыш-Курганской межгорной впадины, входящей наряду с Самарской и Алмас-Варзникской впадинами в состав Северо-Западной Ферганы. Камыш-Курганская межгорная впадина имеет протяженность с запада на восток в 45–50 км, а с севера на юг – 15–18 км. С севера она ограничена Кураминским хребтом, на юге поднимается невысокая адрыная гряда Суле-Тау, отделяющая впадину от р.Сыр-Дарья.

Ввиду бедности аридных районов поверхностными водными ресурсами, основным источником орошения здесь служат подземные воды, откачиваемые из глубоких водоносных горизонтов в рыхлых пролювиальных отложениях предгорных конусов выноса. В Камыш-Курганской межгорной впадине на массиве "Большой Ашт" строится мощный линейный водозабор, насчитывающий до 400 скважин вертикального дренажа общей производительностью $\sim 13 \text{ м}^3/\text{с}$, который является уникальным по размаху строительства и эксплуатационным показателям /82/.

Орошение ведется в сложных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условиях, связанных с затрудненностью свободного оттока

поверхностных и подземных вод с орошаемого массива и, как следствие, с широким засолением земель центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины. Положение усугубляется и тем, что вода из ряда скважин вертикального дренажа имеет минерализацию до 2 и более г/л, являясь тем самым дополнительным источником солей, поступающих из глубоких водоносных горизонтов на поверхность.

Линейный водозабор, расположенный по северной периферии Камыш-Курганской межгорной впадины, является не только источником пресных подземных вод из глубоких водоносных горизонтов, но и служит эффективным дренажем по снижению уровня грунтовых вод в пределах центральной части впадины.

В этой связи техническим проектом "Орошение и освоение целинных земель в Аштской степи Таджикской ССР, I очередь", разработанным Главным проектно-исследовательским и научно-исследовательским институтом "Союзгипроводхоз" Минводхоза СССР, была поставлена задача по созданию благоприятной мелиоративной обстановки на массиве орошения "Большой Ашт" путем рационального использования водных ресурсов.

При её решении основное внимание уделялось комплексности исследований, включающих почвенно-мелиоративные и гидрогеологические изыскания. В конкретные задачи объединенных научно-производственных исследований входило:

- 1) изучение регионального засоления рыхлых четвертичных отложений от периферии предгорного шлейфа Кураминского хребта к центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины;
- 2) прогноз минерализации грунтовых и субнапорных вод в условиях орошения и мелиоративной гидрогеологической обстановки;
- 3) исследование формирования мелиоративного режима и сопоставление его с прогнозными и проектными решениями;
- 4) обоснование режима работы водозабора с учетом динамики минера-

лизации подземных вод Камыш-Курганской межгорной впадины;

5) уточнение зависимости структуры почвенного покрова территории от её геоморфологии и гидрогеологических условий;

6) исследование формирования водного и солевого режимов почв в периоды промывок и освоения орошаемых земель (с целью уточнения проектных решений).

Автор непосредственно участвовал в составлении программы научно-производственных работ, будучи сотрудником отдела инженерной геологии и мелиоративной гидрогеологии института "Союзгипроводхоз", а также являлся исполнителем данной программы в ходе полевых изысканий на объекте орошения "Большой Ашт".

Пункты первый и, частично, второй, четвертый и пятый конкретных задач вошли в план диссертационной работы автора и детально освещены в отдельных её главах. Так, для оценки регионального засоления изучаемой территории применен ландшафтно-геохимический метод сопряженного анализа почв, водовмещающих пород зоны аэрации, рыхлых четвертичных отложений, грунтовых и напорных подземных вод. Метод позволил выявить очаги локального соленакопления, связанные с затрудненным оттоком подземных вод в р.Сыр-Дарью. Результаты данных работ приведены в научно-производственном отчете по объекту "Большой Ашт" (шифр И-157^Н). Некоторые положения диссертации нашли свое отражение при составлении техпроекта "Расширение площади орошения и освоения целинных земель Аштской степи Таджикской ССР, II очередь". За счет обоснования новых технических решений, связанных с разбавлением минерализованных вод коллекторно-дренажной сети до 2 г/л пресной водой из скважин линейного водозабора с суммарным расходом 0,7 м³/сек создана возможность значительного улучшения мелиоративной обстановки данного региона. Это позволяет успешно использовать разбавленные коллекторно-дренажные воды как дополнительный источник орошения хлопчатника и гарантирует предотвращение вторичного засоления почв наиболее пониженной и слабодренированной

центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины.

Процессы гипергенной миграции солей и темпы соленакопления в пределах отдельных регионов, в настоящее время изучены слабо /30,32/. Исходя из практических задач по оценке территории как объекта ирригации, при которой основное внимание должно быть направлено на изучение геохимии соленакопления в почвах, горных породах, подземных водах, определение типов соленакопления и закономерностей миграции солей, к специальным вопросам диссертационной работы, не вошедшим в названные конкретные задачи техпроекта, относятся:

- а) выяснение закономерностей миграции мелкорастворимых солей в ландшафтах и подзонах катагенеза с учетом современной и исторической ландшафтно-геохимической обстановок Камыш-Курганской межгорной впадины;
- б) оценка составляющих статей солевого баланса, в частности, эолового переноса легкорастворимых солей, пока еще редко принимаемого во внимание при балансовых расчетах для территорий аридной зоны.

К изучению закономерностей миграции легкорастворимых солей в ландшафтах применен системный подход, поскольку ландшафт является объективно существующей природной системой, для которой характерно единство и тесная взаимосвязь составляющих его компонентов: почв, живого вещества, почвообразующих пород и грунтовых вод. "Ландшафты мы должны рассматривать не только как эффект взаимодействия природных процессов, но и как систему, осуществляющую работу этого взаимодействия", — говорил Б.Б.Полынов /60 с.509/. Системным идеям в географии посвятили свои работы С.Д.Муравейский /43/, Д.Л.Арманд /6/, В.Н.Солнцев /74/, А.Ю.Ретеюм /68/, И.Р.Спектор /77/, В.Б.Сочава /76/, Ю.Г.Симонов /70/, Ф.И.Козловский /36/, М.А.Глазовская /26/, Т.Д.Александрова /5/, В.С.Преображенский /61/, М.Ш.Ишанкулов и Б.М.Ропот /32/, Н.А.Гвоздецкий /19/ и др.

Поверхностные и грунтовые воды, циркулирующие в природных ге-

ографических системах и метко названные А.И.Черельманом (1955) "кровью ландшафта", выполняют роль системообразующего потока, обуславливая функционирование геосистемы как развивающегося целого. Системный подход в отличие от комплексного подхода направлен не на всестороннее изучение объекта, его многочисленных связей с окружающими компонентами природы, а изучает сам эффект взаимодействия, отраженный в носителе системообразующей связи, в данном случае — водном потоке. Отсюда становится очевидным применением системного подхода к миграции легкорастворимых солей, осуществляющейся, главным образом, в водных растворах. Однонаправленность системообразующего потока в пределах гипсометрических ступеней рельефа от повышений к депрессиям предопределяет существование каскадных ландшафтно-геохимических систем /26/, примером которых может служить Северо-Западная Фергана.

Простейший способ изучения функционирования геосистемы — рассмотрение её с позиции "черного ящика", когда известно начальное и конечное состояние потока вещества на входе и выходе системы в данном случае несостоятелен, поскольку причины трансформации потока остаются невыясненными. Для выяснения закономерностей и путей миграции легкорастворимых солей и связанной с ними динамики минерализации водного потока использована воднобалансовая схема с учетом геолого-геоморфологических условий изучаемой территории. С точки зрения выбора мелиоративных мероприятий анализ водно-солевого баланса позволяет выявить причины засоления земель и наметить пути его устранения /17/. Проведенные расчеты модулей выноса и аккумуляции легкорастворимых солей в пределах каскадной ландшафтно-геохимической системы (КЛГС) указывают на прогрессивное соленакопление в нижнем аккумулятивном звене каскада, которое связано не столько с "фитильным" типом засоления, а, главным образом, с тектоническим строением Северо-Западной Ферганы, обуславливающим слабую

дренированность территории и с нарастающей аридизацией климата, приводящей к ускорению накопления легкорастворимых солей на испарительном геохимическом барьере.

Работа написана по материалам полевых исследований, проведенных автором в 1977–79 гг в составе Таджикской комплексной исследовательской экспедиции (ТКИЭ) института "Союзгипроводхоз" с привлечением литературных и фондовых источников Северной гидрогеологической экспедиции (СГГЭ) Управления геологии при Совете Министров Таджикской ССР и института "Союзгипроводхоз". Результаты геологических, гидрогеологических и почвенно-мелиоративных работ названных выше организаций наряду с собственными исследованиями автора послужили основой для написания общих и специальных глав, посвященных физико-географической характеристике Северо-Западной Ферганы, а также особенностям миграции легкорастворимых солей в пределах изучаемой каскадной ландшафтно-геохимической системы.

Автор выражает глубокую и искреннюю благодарность заслуженному деятелю науки РСФСР, доктору географических наук, профессору М.А.Глазовской за общее руководство и ценные замечания, сделанные в ходе написания работы. Автор признателен также сотрудникам ТКИЭ института "Союзгипроводхоз", старшему гидрогеологу партии Ф.А.Умерову, технику-гидрогеологу А.А.Носиковой, химикам-аналитикам В.Д.Шугуровой, О.Н.Поколевой, работникам комплексной буровой бригады А.Д.Русину, И.Н.Карпову, В.П.Лазаренко и аспиранту ВНИИГМ А.В.Черняго, вместе с которыми автор проводил полевые исследования и чья помощь в сочетании с личным производственным опытом помогли ему в срок завершить сбор, документацию и обработку полевых материалов.

Глава I. ИЗУЧЕННОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ЛЕГКОРАС-
ТВОРИМЫХ СОЛЕЙ В ЛАНДШАФТАХ

Основоположник учения о коре выветривания Б.Б.Полынов, исследуя территорию Прикаспийской низменности в связи с её сельскохозяйственным освоением /58/, коснулся проблемы источников легкорастворимых солей в ландшафтах. Являясь продуктами выветривания первичных алюмосиликатов, растворимые соли выносятся за пределы горных территорий в области конечного сноса — морские бассейны и бессточные впадины. Вынос растворимых солей происходит дифференцировано, главным образом с поверхностным или подземным стоком в соответствии с различной подвижностью химических элементов, которая была определена Б.Б.Полыновым на основе сопоставления среднего состава кристаллических горных пород со средним составом веществ в водах рек, чьи бассейны находятся в пределах изучаемых горных массивов (табл. I.I).

Приняв за 100% вынос хлора из выветривающихся горных пород, Б.Б.Полынов установил четыре фазы выветривания. В первую очередь выносятся соединения хлора и серы, затем щелочи и щелочноземельные основания, давая начало фазе глинообразования, которая, в свою очередь, переходит в фазу аллитного выветривания путем разрушения глини и выноса кремнезема; накопление полуторных окислов является последней стадией аллитного выветривания:

I) I фаза — Cl^- (100%)
 SO_4^{--} (57%)

- 2) 2 фаза - Ca^{++} (3,0%)
 Na^+ (2,4%)
 Mg^{++} (1,3%)
 K^+ (1,25%)
- 3) 3 фаза - SiO_2 (0,2%)
- 4) 4 фаза - Fe_2O_3 (0,04%)
 Al_2O_3 (0,02%)

Таблица I.I.

Среднее содержание химических элементов и их соединений в горных породах и речных водах (по Б.Б.Полынову, 1933)

Химический состав	Содержание, %	
	в горных породах	в водах рек
SiO_2	59,09	15,40
Al_2O_3	15,35	1,50
Fe_2O_3	7,29	1,69
Ca^{++}	3,60	16,16
Mg^{++}	2,11	4,55
Na^+	2,97	8,45
K^+	2,57	1,99
Cl^-	0,05	6,29
SO_4^{--}	0,15	14,34
CO_3^{--}	-	31,00

Перераспределение химических элементов в водном потоке контролируется рельефом, в результате чего формируется геохимически сопряженный ряд остаточной (на водоразделах) и аккумулятивной (в депрессиях) кор выветривания. В зависимости от скорости протекания процесса выветривания, связанной прежде всего с гидротермическими условиями, а также фактором времени, Б.Б.Полынов /59/ называет три типа геохимически сопряженных кор выветривания:

1. Обызвесткованный ортоэлювий водоразделов с аккумулятивной хлоридно-сульфатной корой выветривания на более низких гипсометрических уровнях;
2. Сиаллитный ортоэлювий водоразделов со сменяющимися вниз по склону аккумулятивной карбонатной и хлоридно-сульфатной корами выветривания;
3. Аллитный элювий водоразделов последовательно сменяется вниз по склону аккумулятивной сиаллитной, карбонатной и хлоридно-сульфатной корами выветривания.

Источником солей в ландшафтах служат также древние засоленные породы — фации соленосных лагун и мелководных морей, выведенные тектоническими движениями на дневную поверхность и являющиеся областями современного сноса. Связанные с ними солевые аккумуляции носят название вторичных /58/. Кроме того, согласно В.А.Ковде /34/, поступление легкорастворимых солей в ландшафты связано с эоловым солепереносом, атмосферными осадками и оросительными водами, а также — с ходом биологического кругооборота и испарением неглубоко залегающих от поверхности грунтовых вод.

На основе рядов подвижности химических элементов, выведенных Б.Б.Полыновым из фаз выветривания горных пород, В.А.Ковда /там же, с.138/ установил четыре стадии метаморфизации пресных грунтовых вод по химическому составу при испарении:

1) силикатно-карбонатную; 2) сульфатно-карбонатную; 3) хлоридно-сульфатную; 4) сульфатно-хлоридную. Такая закономерность наблюдается наиболее отчетливо в субаэральных дельтах и предгорных конусах выноса (рис. I.I).

Многочисленные исследования, проведенные с почвенно-мелиоративной целью, выявили тесную связь миграции солей в почвах и грунтовых водах. Изменение химического состава вод по элементам рельефа обычно сопровождается изменением характера засоления почв, при-

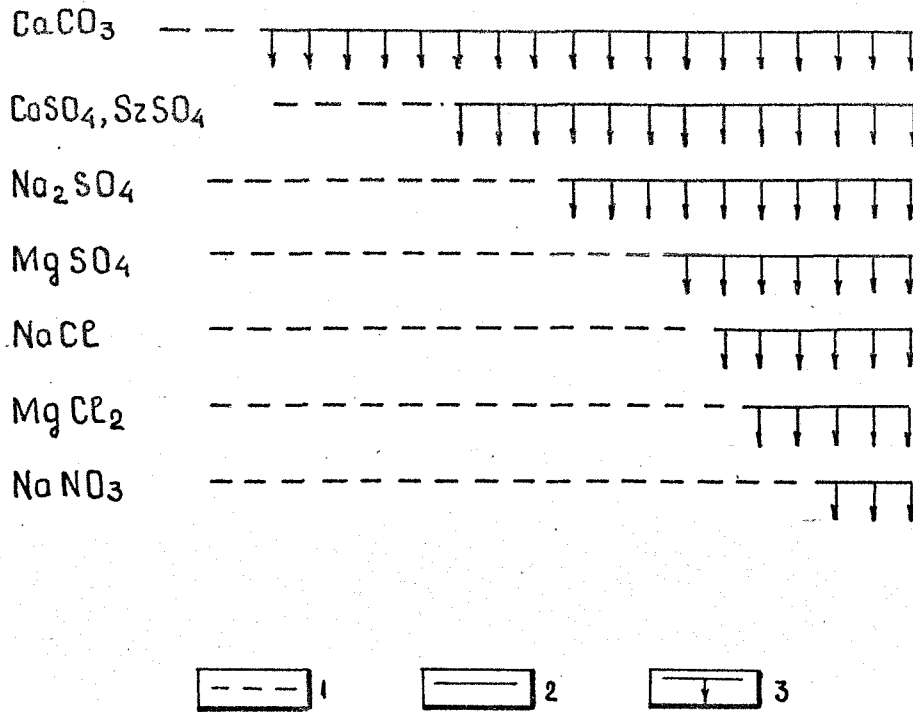


Рис. 1.1. Схема последовательного осаднения солей из грунтовых вод при испарении (по В.А. Ковде, 1946 с дополнениями А.И. Перельмана, 1975)

1 - ненасыщенный раствор ; 2 - насыщенный раствор ;
3 - выпадение в осадок

чем качественный состав солевых аккумуляций зависит также и от климатических условий региона. Это позволило В.А.Ковде (там же, с.93) установить генетическую природу конкретных солепроявлений и составить "Схему распределения современных процессов соленакопления в почвах СССР", на которой выделены четыре провинции соленакопления: сульфатно-содовая, хлоридно-сульфатная, сульфатно-хлоридная и хлоридная. Н.И.Кондорская /38/ в результате обобщения большого фактического материала по региональному засолению почв уточнила и дополнила названную схему В.А.Ковды, создав на её основе карту "Ареалы современных солевых аккумуляций в почвах СССР" масштаба 1 : 1500000.

При последующих работах на конкретных территориях Средней Азии и Европейской части СССР выделены зоны (или пояса) соленакопления, которые полностью согласуются с классической схемой Б.Б.Полынова, касающейся дифференциации солей в геохимически сопряженных различных типов корах выветривания. Так, в пределах Узбекистана Н.А.Панковым (1949) установлены: 1) зоны соленакопления сиаллитно-бескарбонатных и карбонатных пород; 2) зоны сульфатного; 3) хлоридно-сульфатного и 4) хлоридного засоления. В Зеравшанской и Ферганской долинах выделены: 1) зоны карбонатного соленакопления с шохами и карбонатно-магниевыми солончаками, 2) гипсового соленакопления с легкорастворимыми солями, 3) хлоридно-сульфатного соленакопления (Кугучков, 1953). В пределах Северного Тянь-Шаня и прилегающих к нему равнин Э.Б.Албаковым /2/ отмечены последовательно сменяющие друг друга пояса: 1) кремнисто-содового соленакопления, 2) мергелисто-содового соленакопления, 3) сульфатного засоления, 4) сульфатно-хлоридного засоления. Для конусов выноса горных рек, стекающих в Кура-Араксинскую низменность, характерно изменение солевого состава почв от сульфатно-гидрокарбонатного до хлоридно-сульфатного с возникновением промежуточных зон гипсового накопления /72/.

Однако вопрос об источниках соленакопления в почвах в своё время (40-е — 50-е г.г.) вызвал многочисленные дискуссии. А.Н.Соколовским /73/, а затем Б.В.Федоровым /84/ доказывалась ведущая роль вертикальной разгрузки напорных подземных вод, которые при испарении засоляют поверхностный слой почвы. "Перенос солей от древних солевых аккумуляций, — писал А.Н.Соколовский /там же, с.9/, — осуществляется только при содействии восходящих, нисходящих или выклинивающихся потоков подземных вод". Эту мысль развивает Г.С.Григорьев /28 с.207/: "в полном соответствии с концепцией А.Н.Соколовского современные и унаследованные от прошлого поверхностные и приповерхностные солепроявления представляют собой преимущественно проекцию на дневную поверхность глубинных источников солей — соленосных дочетвертичных пород и минерализованных подземных вод".

Им справедливо возражали сторонники теории континентального соленакопления (Ковда, Герасимов и др.), которые большое значение в современной аккумуляции солей придавали климату, рельефу, грунтовым и оросительным водам. Критикуя А.Н.Соколовского за явное преувеличение роли древних солевых аккумуляций в современном засолении почв, И.П.Герасимов /21, с.49/ четко формулирует сущность теории континентального соленакопления: "при определенных условиях климата и рельефа, обуславливающих разную степень и формы бессточности, а также формы перемещения и аккумуляции солей, возможны интенсивные поверхностные солепроявления путем концентрации солей, рассеянных в малых количествах в почвах, породах и водах. Больше того, теория "континентального соленакопления", стремясь выяснить основные законы подобных концентраций, устанавливает различные конкретные формы природных солепроявлений и определяет признаки в солевом составе, позволяющие установить источники соленакопления и их генетическую природу".

К настоящему времени теория континентального соленакопления утвердила себя в ландшафтно-геохимическом подходе к изучению региональных закономерностей солепроявлений, при котором рассматривается миграция солей в тесной связи с гидрохимическим стоком от области питания к области разгрузки. Это дает возможность проследить пути движения потоков легкорастворимых солей, трансформацию их состава и выявить специфику их миграции и накопления в пределах конкретной территории.

Одним из основных методов исследования миграционных потоков легкорастворимых солей в ландшафтах, в свете гипотезы континентального соленакопления, является анализ водно-солевого баланса изучаемой территории, который позволяет установить направленность процессов соленакопления в её пределах и, тем самым, определить необходимые мелиоративные мероприятия по созданию оптимальных условий сельскохозяйственного освоения земель. Расчет солевых балансов для отдельных регионов СССР сделан В.А.Ковдой /34/ (Каспийская низменность, Голодная степь, северная часть долины р.Вахш), В.Р.Волобуевым /17/ (Кура-Араксинская низменность), В.М.Боровским и др. /13/ (древняя дельта Сыр-Дарьи). Согласно В.А.Ковде /34, с.62/ "Составление солевого баланса самостоятельной естественно-исторической области требует знания её геоморфологии, гидрологии, гидрогеологии и почвенного покрова".

Еще в 1934 г. В.Г.Глушков уделял большое внимание значению рельефа в перераспределении стока. "Геологическая основа ландшафта является ареной, пришедшей к нам от прошлых эпох, на которой разворачиваются современные гидрологические явления", — писал он /27, с.24/. С.Д.Муравейский /43, с.97/ относит климат, сток и рельеф к основным интегрирующим факторам, которые обуславливают "возникновение и существование географического целого... [где, Л.Ч.] отдельные элементы не только взаимосвязаны, но и находятся в причинном взаимодействии".

Идеи С.Д.Муравейского нашли свое дальнейшее развитие и конкретизацию в работах ученых Казахстана, связанных с региональными почвенно-галогеохимическими исследованиями /13,14,32,52/. Круг вопросов, рассматриваемый ими по данной проблеме, включает:

- а) оценку структурно-территориальных единиц, обуславливающих водно-солевой сток в масштабах региона;
- б) основные источники солей, поступающих в почвы и грунтовые воды;
- в) закономерности миграции солей и выявление тенденций их перераспределения в пределах конкретных участков территории;
- г) масштабы и качественный состав солевых аккумуляций в почвах и природных водах региона, а также факторы, их обуславливающие;
- д) прогноз динамики соленакопления в орошаемых почвах.

При выборе территории для орошаемого земледелия И.В.Иванов и Н.Ф.Глазовский /30/ как один из критериев используют направленность процессов миграции солей. Наиболее благоприятными для мелиорации являются области интенсивного выноса солей из ландшафтов, наиболее неблагоприятными — области естественного накопления солей.

Проведенное ими мелиоративно-геохимическое районирование территории равнинного Казахстана по условиям динамики миграционных потоков тесным образом переплетается с идеями В.Р.Волобуева /72/, предложившим вместо широко применяемой для мелиоративного районирования геоморфологической или физико-географической основы принять качественно своеобразные сочетания факторов и условий миграции водно-солевых масс, учет которых позволяет выделить главные мелиоративные типы земель:

- 1) флювиальный (миграция солей осуществляется с поверхностными водами);
- 2) инклинационный (соли мигрируют с грунтовыми водами, направленными от области питания к области разгрузки и взаимодействующими

с атмосферными агентами на разных участках своего движения);
3) капиллярный безотточный (испарительная концентрация солей из капиллярной каймы близко залегающих к поверхности застойных грунтовых вод).

В рамках теории континентального соленакопления В.М.Боровским и др. /52/ впервые применен метод информационно-логического анализа в галогеохимических исследованиях для выявления тесноты связи засоления почв (S) от дренированности территории (D), минерализации подземных вод (M), градиента неотектонических движений (T), среднего многолетнего количества атмосферных осадков (Z) и положения в общерегиональной системе стока относительно областей сноса и аккумуляции (U). Функциональная зависимость, в которой факторы засоления расположены в убывающем порядке по степени своего влияния на соленакопление в почвах, выглядит так: $S = f(D, M, T, U, Z)$. Поскольку факторы T и U входят в формулу косвенно, через интегрирующий показатель D , то в окончательном варианте остается $S = f(D, M, Z)$. Таким образом, дренированность территории является главным из ведущих факторов засоления ландшафтов.

В целом, как отмечают И.В.Иванов и Н.Ф.Глазовский /30, с.8/ "географические закономерности распространения солей, особенно в региональном аспекте, остаются еще слабо изученными" кроме того, отсутствуют специальные исследования по миграции солей и темпам соленакопления в различных географических системах /32/.

Наша работа представляет опыт исследования геохимических потоков легкорастворимых солей с применением системного анализа в аридных ландшафтах предгорных конусов выноса и геохимически сопряженной с ними Камыш-Курганской межгорной впадиной в Северо-Западной Ферганае. Северо-Западная Фергана рассмотрена нами как географическая система, жесткий каркас которой состоит из гипсометрически сопряженных элементов рельефа, включающего водоразделы и крутые склоны

Кураминского хребта, предгорные конусы выноса и озерно-пролювиальную равнину (ложе Камыш-Курганской межгорной впадины). Названные сопряженные элементы рельефа по отношению к миграционным потокам вещества представляют собой каскадную ландшафтно-геохимическую систему (КЛГС), в которой сток является интегрирующим фактором и выполняет функцию системообразующего потока, поскольку характеризуется устойчивостью и постоянством (рис. 1.2). КЛГС Северо-Западной Ферганы типична для горно-котловинных территорий Средней Азии, геохимическая целостность которых определяется, в основном, однонаправленным водно-солевым потоком вещества от геохимически автономных в геохимически подчиненные звенья системы. Обратная связь осуществляется путем частичного возврата солей через атмосферу при развевании солончаков. В такой интерпретации понятие КЛГС аналогично терминам "геосинол" /68/ и "геосистема" /29/. В заключении главы коротко коснемся истории изученности района исследований.

Систематическое изучение Северо-Западной Ферганы началось в 1925-31 гг. в связи с открытием полиметаллических месторождений в юго-западной части Кураминского хребта (горы Кара-Мазар), а также исследованием перспективности данного региона на нефтегазоносность. Поэтому на первом этапе исследований Северо-Западной Ферганы детальное освещение получили её геологическое и геоморфологическое строение (О.Ф.Нейман-Пермякова (1929), И.В.Пуаре (1929), В.И.Вебер (1933), И.С.Шукин (1933), Н.П.Васильковский (1935)). История развития рассматриваемого региона дана в работах П.И.Пищеровой /67/, Н.П.Костенко и С.А.Несмеянова /91/, В.В.Лоскутова /39/. Изучению перспективных месторождений Кураминского хребта, условиям их формирования и методике поисков посвящены диссертации Ю.П.Баденкова (1970), Ю.А.Иванова (1975), Г.А.Сиссоко (1979).

Сельскохозяйственное освоение территории началось в 1940 г.,

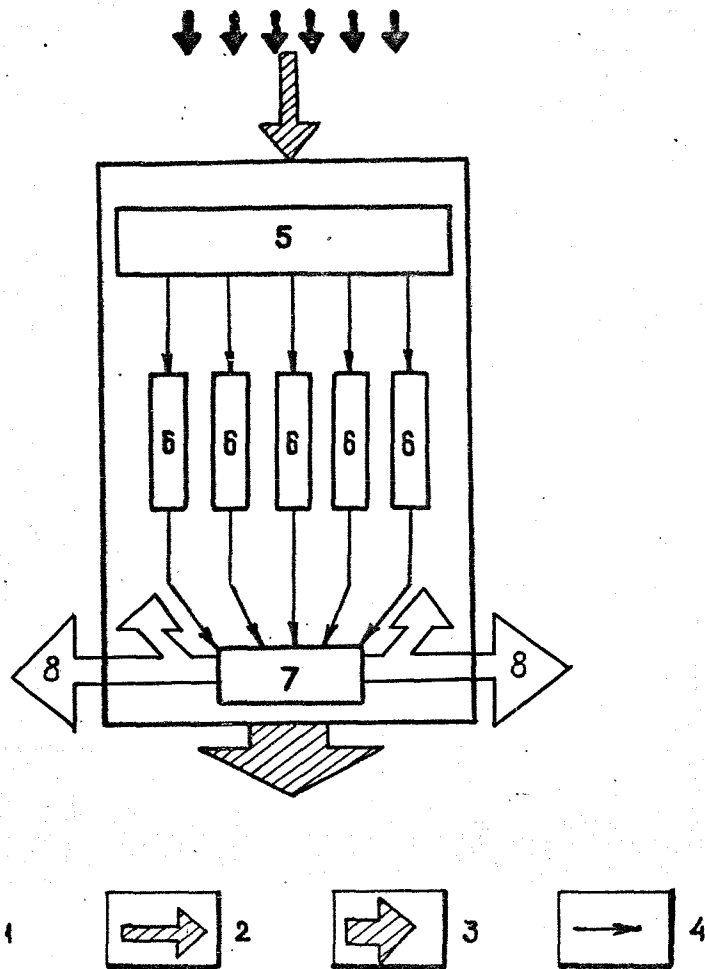


Рис. 12. Схема каскадной ландшафтно-геохимической системы (КЛГС) Северо-Западной Ферганы

- 1 - атмосферные осадки, выпадающие на водосборную территорию Куратинского хребта; 2 - минерализация атмосферных осадков на входе КЛГС, равная $\sim 0,05 - 0,06 \text{ г/л}$; 3 - минерализация грунтовых вод на выходе КЛГС, равная $\sim 4 \text{ г/л}$; 4 - направление движения поверхностных и подземных вод, формирующей системообразующий поток КЛГС; 5 - элювиальная ступень каскада (водосборная территория Куратинского хребта); 6 - транзитная ступень каскада (предгорные конусы выноса); 7 - аккумулятивная ступень каскада (Камыш - Курганская межгорная впадина); 8 - перенос солей ветром внутри КЛГС и вынос за ее пределы

со времени ввода в действие концевой части Северного Ферганского канала (СФК). Первые детальные гидрогеологические и почвенно-мелиоративные изыскания в Северо-Западной Фергане были проведены в 1953 г. в связи с освоением целинных и залежных земель западной части Ферганы, расположенных вне зоны орошения из СФК (объект "Большой Ашт"). Согласно проектному заданию института "Союзгипроводхоз", здесь были проведены полевые работы в 1953-55 гг и 1961-63 гг, итогом которых явились:

- 1) почвенно-мелиоративная съемка масштаба 1 : 25 000 (с проведением в 1969 г. дополнительных работ по уточнению почвенно-мелиоративной карты);
- 2) комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая карта масштаба 1 : 50 000;
- 3) создание сети режимных наблюдательных скважин по изучению водно-солевого баланса массива орошения.

С 1957 года гидрогеологические и инженерно-геологические исследования проводятся партиями Северной гидрогеологической экспедиции (СГГЭ) Управления геологии при Совете Министров Таджикской ССР. Самгарская гидрогеологическая партия СГГЭ в сотрудничестве с институтом Земной коры и Ленинградским университетом проводили государственную геологическую и гидрогеологическую съемки Северного Таджикистана, куда входит Северо-Западная Фергана /22/. В ходе съемки опробованы многочисленные родники южного склона Кураминского хребта и составлены карты содержания микроэлементов в подземных водах. Северной гидрогеологической экспедицией выполнен ряд работ по изучению водного баланса и запасов подземных вод Северо-Западной Ферганы /48,57/.

С 1960 г. здесь организована постоянная режимная сеть, насчитывающая 33 скважины. Наблюдения ведутся Кайрак-Кумской гидрогеологической партией СГГЭ. В 1963 г. создан балансовый опытный учас-

ток в восточной части территории (пос. Джамбулак) площадью 80 га, где поставлены наблюдения за испарением грунтовых вод, транспирацией растений и инфильтрацией оросительных вод.

Таджикская комплексная изыскательская экспедиция института "Союзгипроводхоз" в 1969-71 гг продолжила изыскания в связи с необходимостью уточнения сложных почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий Аштского массива орошения.

Были изучены водно-физические свойства почв, определена солеотдача почво-грунтов, создан ряд карт (геоморфологическая, инженерно-геологическая, гидрогеологическая) масштаба 1 : 50 000, приближенно рассчитан водный баланс Северо-Западной Ферганы /64,65/. В это же время институтами "Союзгипроводхоз" и "Гидроингео" (Ташкент) применительно к масштабу 1 : 50 000 проводилось аналоговое моделирование водоносного комплекса Камыш-Курганской межгорной впадины для обоснования заградительного вертикального дренажа с использованием подземных вод на орошение, которое показало перспективность этого типа мелиоративных мероприятий.

Глава 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК СЕВЕРО-ЗАПАД-
НОЙ ФЕРГАНЫ

Природные условия Северо-Западной Ферганы рассмотрены в аспекте формирования и распределения поверхностного и подземного стока, как основного фактора водной миграции легкорастворимых солей. Поскольку, как говорил К.К.Марков /41, с.85/ "для географа прошлое географического ландшафта - ключ к пониманию его современных закономерностей", во внимание принималась геологическая история развития региона и, в первую очередь, его основных структур: Кураминского хребта и Камыш-Курганской межгорной впадины, как базовых орографических ступеней ландшафтно-геохимической арены, представляющей собой таксономически наиболее крупное ландшафтно-геохимическое сопряжение различных типов коры выветривания /25/. Поэтому изучение геологической истории во многом помогает выявить специфику миграции легкорастворимых солей в современных ландшафтах.

Камыш-Курганская межгорная впадина является северо-западным крылом Ферганской впадины, обрамленной с северо-запада и северо-востока Кураминским, Чаткальским и Ферганским хребтами, а с юга - Алайским и, частично, Туркестанским хребтом. Согласно новейшим исследованиям, Ферганская впадина - это мегасинклиналь первого порядка, включающая в себя локальные впадины, образованные синклиналями низших порядков и разделенные мелкими антиклиналями на относительно обособленные отрицательные структуры /3/. Одна из главных черт формирования северо-западного крыла Ферганской впадины состоит в том, что мелкие антиклинальные складки (адыры), заложившиеся на ней в нижнечетвертичное время, "росли" на наклонной поверхности крыла и

поэтому приобрели асимметричное строение: крутой и обрывистый южный склон, обращенный к р.Сыр-Дарье, и северный, более пологий и протяженный. Горные реки, стекающие с южных склонов Кураминского хребта в Ферганскую впадину, селективно разрабатывают ослабленные зоны горного массива, образуя сквозные долины субмеридианального простирания. Ослабленные зоны представляют собой региональные и локальные разрывные нарушения со смещением, а также зоны повышенной трещиноватости и дробления пород /49/.

Геологическое строение

Коренные породы выходят на дневную поверхность в районе Кураминского глыбово-сводового поднятия и адырных гряд Супе-Тау, Кызыл-Джар и Махау-Тау. Наиболее древние коренные породы, слагающие юго-западные склоны Кураминского хребта в районе гор Кармазар и Могол-Тау, представлены докембрийскими и кембрийскими слюдястыми и филлитовыми сланцами, а также песчаниками. Породы сильно дислоцированы и смяты в ^кгрутые изоклиналильные складки, осевые плоскости которых имеют наклон к северо-востоку. Предположительная мощность сланцевой толщи составляет 1000 м.

Песчано-сланцевые породы ордовика и силура выходят на дневную поверхность изолированными пятнами, породы прорваны многочисленными жилами гранодиоритов.

Нижний девон лежит резко несогласно на подстилающих морских отложениях ордовика и силура. В отличие от кембрийских и докембрийских отложений, порфиново-туфовая толща и перекрывающие её аркозовые песчаники нижнего девона слабо дислоцированы в виде пологих, довольно симметричных складок, чаще всего выходящих в ядрах антиклиналей. Породы девона, подобно отложениям ордовика и силура, прорваны интрузиями гранитов и гранодиоритов.

Каменноугольные отложения представлены темно-серыми массивны-

ми песчанистыми известняками нижнего карбона мощностью 2350 м, которые вверх по разрезу сменяются верхнепалеозойскими осадочно-эффузивными и эффузивными комплексами, объединенными Н.П.Васильковским в четыре возрастные группы /8I/:

1. Угамский осадочно-эффузивный комплекс (низы среднего карбона); сложен в основании кварцевыми диорит-порфиритами и сиенит-диоритами общей мощностью 1200 м;
2. Акташский эффузивный комплекс (верхний карбон): порфиры, фельзиты, туфы и туфобрекчии с мощными прослоями (до 400 м) конгломератов и песчаников. Мощность отложений — около 6000 м;
3. Токалинский эффузивный комплекс (верхний карбон) объединяет переслаивающиеся порфиры, липариты, туфы, туфолавы, песчаники и конгломераты и имеет мощность около 3000 м;
4. Аксакатинский осадочно-эффузивный комплекс (верхи верхнего карбона — пермь) представлен конгломератами, песчаниками и порфиритами общей мощностью около 2000 м.

Все названные комплексы пород верхнего палеозоя сильно дислоцированы, метаморфизованы и прорваны интрузиями сиенитов, гранитов и гранодиоритов. В районах распространения эффузивов кислого и среднего состава на территории Кураминского хребта известны значительные медно-висмутовые, серебро-свинцово-цинковые (Канимансур, Алмадон, Джузум), скарново-вольфрам-молибденовые (Чорухдайрон, Юбилейное) и другие виды полиметаллических месторождений /10/.

В условиях континентального режима осадконакопления, наступившего после этапа герцинского орогенеза, осадки мезозоя сохранились лишь в отдельных пониженных участках рельефа (рис.2.1).

Наибольшее площадное распространение в пределах Кураминского хребта получили гранитоиды и вулканогенные толщи пермо-триаса, осадки среднего палеозоя и мезокайнозоя играют подчиненную роль (табл. 2.1).

Учв. № подл.	Подпись и дата	Взят. инв. №

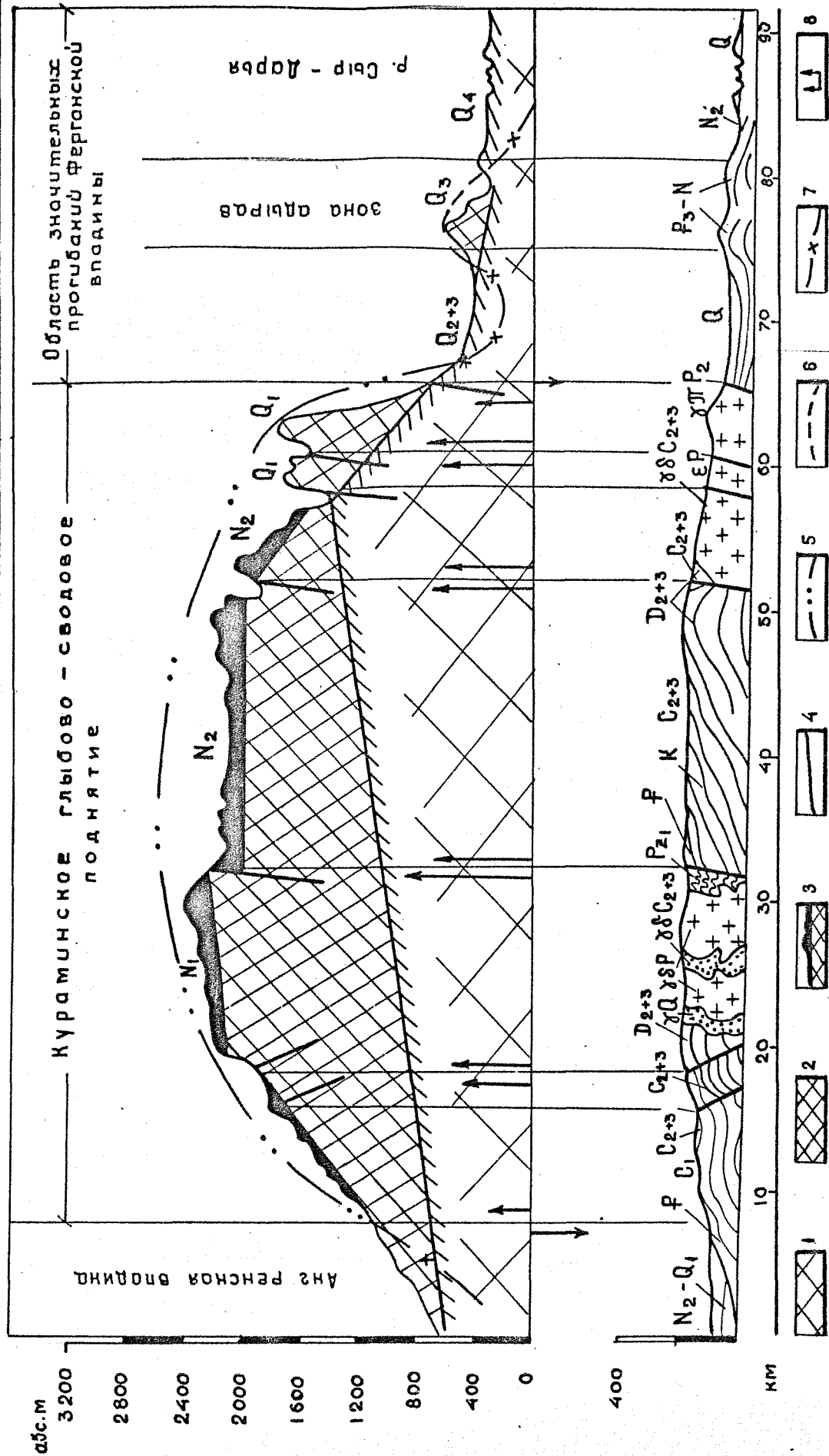


Рис. 2.1. Геолого-тектоническая схема Кураминского антиклинария и сопряженной с ним Ферганской впадины (по Н.П. Костенко, 1962)

1 - горный массив от уровня моря до современной толеранционной поверхности; 2 - общая глубина расчленения горного сооружения линейной денудации; 3 - общая глубина расчленения горного сооружения плоскостной денудацией; 4 - линия, показывающая оттаивание речевой долины в долине крупных горных рек; 5 - реконструкция верхней поверхности первого порядка; 6 - реконструкция верхней поверхности второго порядка; 7 - реконструкция третьего порядка (с конца амплитуды до современной эпохи) в области аккумуляции; 8 - характер вертикальных движений (размеры стрелок определяют неравномерность перемещений)

Площадное соотношение горных пород, слагающих Кураминский хребет
(по В.А.Арапову, 1965)

№ п/п	Наименование пород	Возраст	Площадь распростра- нения, %
1	песчаники, сланцы	$O - \delta$	1,0
2	интрузивы	D_{1-2}	0,3
3	вулканогенно-осадочные толщи	δ	1,9
4	известняки, доломиты, мергели, мраморы	$D_2 - C_1$	1,9
5	гранитоиды	$P_3 - T_1$	42,0
6	вулканогенные толщи	$P_3 - T_1$	50,0
7	осадки мезокайнозоя	$Mz - Kz$	2,7

Отложения верхнего мела и палеогена представлены фациями мелководных соленосных лагун. Изучая геологию адырных гряд Н.П.Васильковский /16/ выделил ряд свит палеоген-неогенового возраста на основе различий в литологическом составе и окраске пород, слагающих гряды.

Самая древняя-соленосная свита, обнажающаяся в ядре антиклинальной складки адыра Кызыл-Джар, имеет олигоценый возраст (P_3). Свита представлена аргиллитами, алевролитами с чередующимися пластами и прослоями каменной соли и гипса. Для соленосной свиты характерна пестрая окраска пород, её суммарная мощность равна 900 м. Соленосную свиту сменяет гипсоносная ($P_3^3 - N_1$), которая слагает большую часть адырных гряд Супе-Тау и Кызыл-Джар. Гипсоносная свита имеет однородную окраску, зеленовато-серую с буроватым оттенком, характерную для аргиллитов и алевролитов, часто переслаивающихся с прослоями гипсов. В районе гряды Супе-Тау мощность гипсоносной сви-

ты составляет около 1700 м.

Миоцен-плиоценовые ($N_1 - N_2$) и нижнечетвертичные отложения (Q_1) представляют собой многокилометровую толщу моласс, свидетельствующих о начавшейся активизации тектонических движений, известной как альпийский орогенез. Нижняя пачка моласс получила название бурой свиты (N_1), которая отграничена от нижележащей гипсоносной свиты резкой сменой окраски на розовато-бурую и полным исчезновением прослоев гипса. Бурую свиту слагают часто переслаивающиеся алевролиты и косослоистые песчаники, для последних характерны черты ячеистого выветривания. Мощность бурой свиты достигает 1200 м.

Средняя пачка моласс - палевая свита (N_2) - формировалась в эпоху значительных обвальных явлений, которые происходили вследствие усиливающейся активизации тектонических подвижек. Свита представлена толщей разномерных косослоистых песчаников с прослоями щебня и мелкогалечниковых конгломератов общей мощностью до 650 м.

Верхняя пачка моласс, названная конгломератовой свитой ($N_2 - Q_1$), - самая маломощная (до 100 м) толща, которая сложена переслаивающимися рыхлыми косослоистыми песками, слабоуплотненными песчаниками и конгломератами.

Четвертичные отложения выполняют Камыш-Курганскую межгорную впадину, слагают предгорные конуса выноса, речные долины, широким элювиальным и делювиальным плащом покрывают водоразделы и склоны Кураминского хребта и адырных гряд. Опираясь на стратотипы Приташкентского (Голодностепского) района, Н.П.Васильковский /16/ подразделил аккумулятивные формы рельефа и коррелирующие с ними эрозионно-денудационные террасы р.Сыр-Дарьи и террасированные уступы адырных гряд на несколько стратиграфических комплексов четвертичного возраста. Формирование террасированных уступов связано с различной скоростью подъема адыров в течение всего четвертичного периода,

когда происходило чередование относительного покоя и активных тектонических движений /91/.

Нанайский (сохский) комплекс нижнечетвертичного возраста (Q_1) представляет собой сильно дислоцированные толщи моласс мощностью менее 100 м, сложенных пролювиальными валунно-галечниками гранитов, диоритов, сланцев, песчаников и кварца. Нанайский (сохский) комплекс распространен в пределах наиболее древних генераций конусов выноса.

Ташкентскому комплексу (Q_2) гравийно-галечниковых отложений с песчано-глинистым заполнителем отвечает образующая основную часть предгорного шлейфа генерация конусов выноса, которая синхронно коррелируется с террасированными уступами периферийной части северного склона гряды Суле-Тау и комплексом верхних эрозионных террас правобережья р.Сыр-Дарьи.

Голодностепский комплекс (Q_3) слагают суглинки и пески с прослоями щебнисто-галечниковых отложений, которые столь характерны для периферийных частей конусов выноса Кураминского хребта. Голодностепскому комплексу по времени образования соответствуют низкие эрозионно-аккумулятивные (цокольные) террасы правого берега р.Сыр-Дарьи. Мощность пролювиальных отложений голодностепского комплекса колеблется от 10 м до 100 и более метров.

Сырдарьинский комплекс (Q_4) представлен современным аллювием постоянных и временных водотоков.

Аллювиально-пролювиальные и озерно-пролювиальные четвертичные отложения, выполняющие ложе Камыш-Курганской межгорной впадины, в литологическом отношении чрезвычайно неоднородны по глубине и в плане. Мощность осадочного чехла впадины в её центральной части достигает 500 м (рис. 2.2). Осадконакопление тонкодисперсного материала в подпруженных озерах неоднократно прерывалось неотектоничес-

кими подвижками в районе Кураминского хребта, о чем свидетельствуют прослой гравийно-галечниковых отложений, разнозернистых и гравелистых песков мощностью до 20-30 м, являющихся аллювиально-пролювиальными горных рек и временных водотоков, а также материалом, сносимым со склонов продолжающегося воздыматься адыра Супе-Тау.

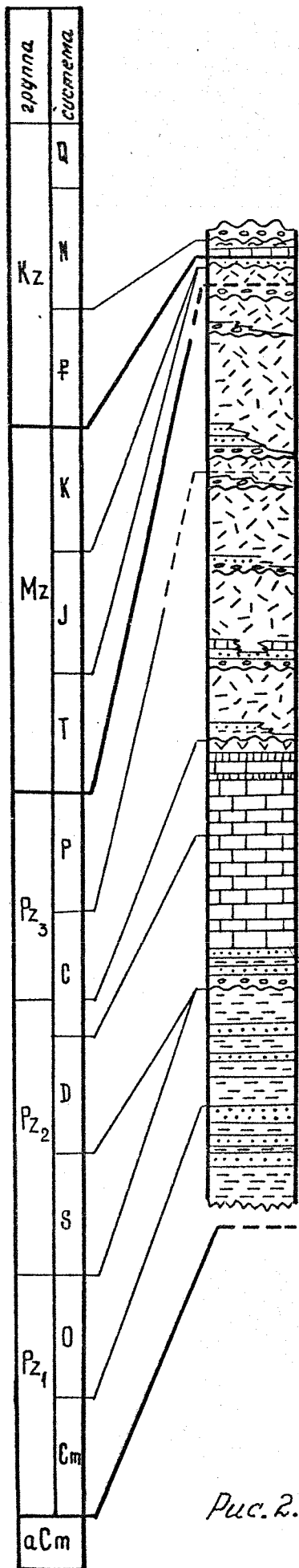
По периферии конусов выноса, где сосредоточены хорошо отсортированные вследствие гравитационной дифференциации пролювиальные отложения, происходит перевевание песков ветром. Песчаные бугры и барханы, расположенные севернее кишлаков Баштал и Аккудук - результат подобной эоловой аккумуляции.

К осадкам голоцена следует отнести делювиально-гравитационные, солифлюкционные, коллювиальные и другие отложения, связанные со склоновыми процессами, происходящими высоко в горах. Горные реки в своих верховьях несут большое количество подобного "склонового" материала, нередко преобладающего над собственным аллювиумом рек /91/.





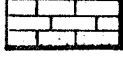
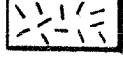
Геологическая история и палеогеохимия ландшафтов региона.

История формирования изучаемой территории, как и всего Среднеазиатского региона, характеризуется чередованием периодов активных эпох горообразования и последующей денудации и пенеппенизации поверхности (рис. 2.3), что запечатлено в вещественном составе слагающих рассматриваемую территорию пород и различных новообразований в рыхлых наносах. В начале палеозоя существовал морской режим осадконакопления, сменившийся в конце силура и нижнего девона эпохой интенсивной складчатости (каледонский орогенез). Смятые в складки силурийские отложения подверглись глубокому размыву. Последующая морская трансгрессия в конце среднего девона способствовала установлению морского режима до конца среднего карбона. В конце палео-

Инв. № погр.	Взам. инв. №
Получен и дата	



Условные обозначения

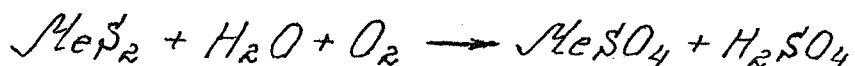
-  галечники, конгломераты
-  песчаники
-  глины
-  сланцы
-  кремнистые сланцы
-  известняки, доломиты, мергели, трапторы
-  эффузивы среднего и основного состава и их туфы
-  эффузивы среднего и кислого состава и их туфы

Вертикальный масштаб 1: 100 000



Рис. 2.3. Сводная литолого-стратиграфическая колонка юго-западной части Кураминского хребта (из Атласа Таджикской ССР, 1968)

зоя море сохранилось лишь на отдельных участках северного склона Кураминского хребта. Подземные воды, формирующиеся в пределах зоны трещиноватости Кураминского хребта, в то время обладали низкой минерализацией, вынося небольшое количество легкорастворимых солей в карбоновое море /67/. Герцинский орогенез, происходивший в течение верхнего палеозоя — нижнего мезозоя, проявился в мощных тектонических движениях, которые сформировали складчатые структуры, осложненные разрывными нарушениями и интенсивными процессами вулканизма и рудообразования. Первые месторождения Кураминского хребта, в том числе и сульфидные, приурочены ко времени герцинской фазы складчатости. Оруденелые зоны занимали наиболее повышенные участки рельефа, что способствовало их ускоренному размыву и выходу на поверхность, где происходило окисление сульфидов до образования сульфатов с высокой миграционной способностью:



Миграционные потоки сульфатных солей устремлялись в Ферганскую впадину, засоляя пролювиальные отложения конусов выноса древних рек южного склона Кураминского хребта. К концу триаса вследствие процессов интенсивной денудации территория превратилась в слабоволнистую равнину — домеловой пенеппен, где в условиях жаркого и влажного субтропического климата формировалась мощная кислая выщелоченная кора выветривания. В течение верхнего мела и палеогена здесь господствовал морской режим осадконакопления. В это время влажный субтропический климат, существовавший на данной территории в мезозое, сменился относительно сухим и жарким климатом саванн. В мелководных лагунах, окружавших останцы Кураминского хребта, отлагались желтовато-зеленые гипсы и каменная соль. В прибрежных зонах широкое развитие получили солончаковые и солонцовые ландшафты, в которых аккумуляровались гипс и карбонаты.

С неогена наступила эпоха активизации тектонических движений,

получившая название альпийского орогенеза. Началось воздымание горных областей и сопряженных с ними зон седиментации. В результате блоковых поднятий обнажился домеловой пенеппен с близким залеганием уровня грунтовых вод, что на фоне прогрессирующего иссушения территории способствовало образованию в депрессиях солончаковых пустынь. По мере опускания регионального базиса эрозии грунтовые воды вышли из сферы процессов почвообразования, произошло рассоление солончаковых пустынь и превращение их в гипсовые /55/, которые вовлекались в общее сводовое поднятие Кураминского хребта. Процессы денудации, протекавшие на фоне периодической смены более влажных (плювиальных) и более засушливых эпох в течение всего плейстоцена, привели к переотложению вниз по склону продуктов разрушения гипсовых аккумулятивных горизонтов почв пустынь неогена, втянутых в поднятие. В пролювиальных отложениях конусов выноса содержатся подобные погребенные аккумуляции тонкокристаллического гипса в прослоях тяжелых суглинков на глубине до 10,0–11,0 м от поверхности (рис. 2.4).

В плювиальные эпохи грунтовые воды залегали ближе к поверхности, что способствовало осаждению из них карбонатов кальция. Нами обнаружены сцементированные прослой карбонатов кальция мощностью 1–3 см, находящиеся в пределах ещё более мощных гипсовых горизонтов, что свидетельствует о сменах относительно влажного и сухого климатов в плейстоцене. Таким образом, в пределах конусов выноса формировались мощные гипсовые иллювиально-аккумулятивные горизонты, в которых "консервировались" сульфаты древних пустынь неогена.

В нижнечетвертичное время Кураминский хребет имел очертания, близкие к современным. В тектоническом отношении он является единым поднятием, не имеющим предгорий /91/. У подножия хребта продолжал накапливаться аллювиально-пролювиальный материал конусов выноса, который по направлению к центру Ферганы сингенетично замещал-

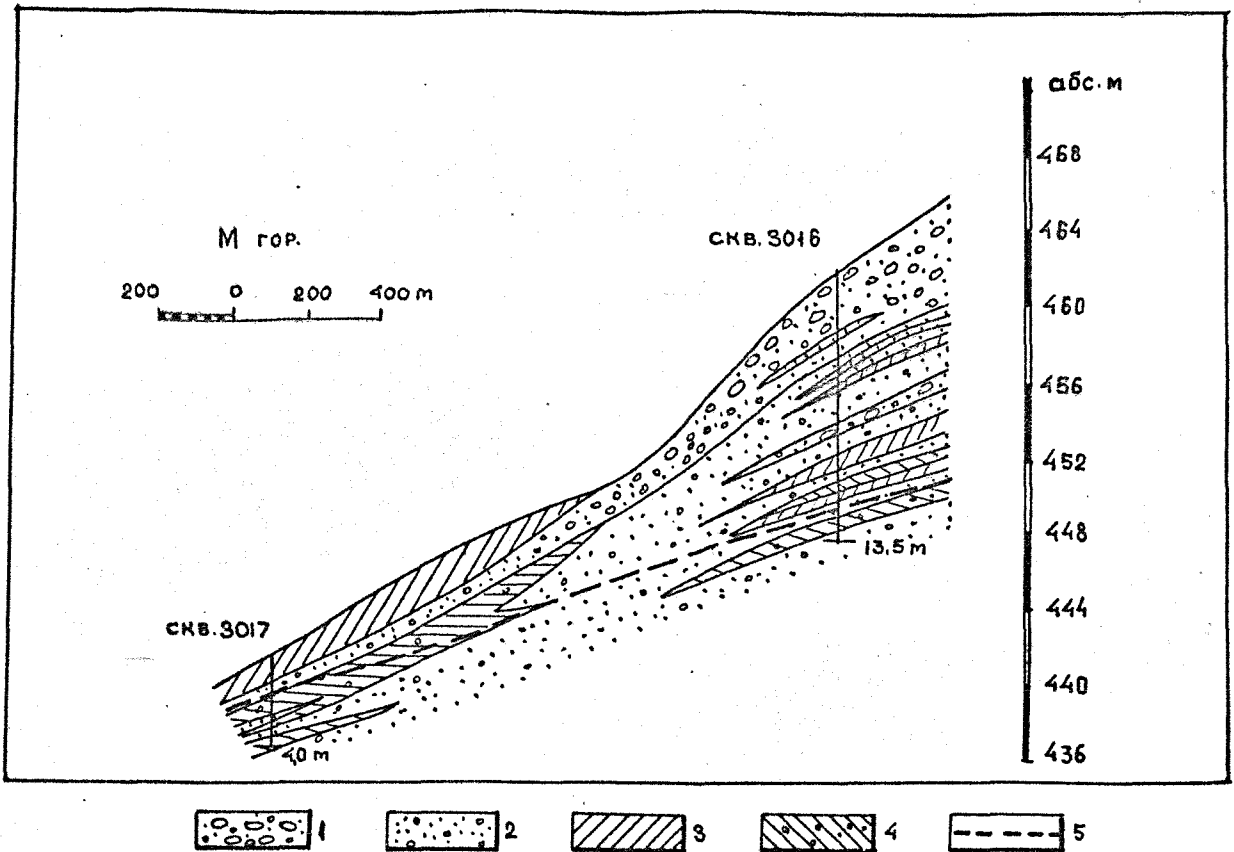


Рис. 2.4. Геолого-литологический разрез через периферийную часть конуса выноса (по материалам института Союзгипрострой, 1955)

- 1 - гравийно-галечниковые отложения с песчаным заполнителем;
- 2 - песок разнозернистый с включением гравия и гальки кристаллических пород;
- 3 - суглинок тяжелый с налетами тоннокристаллического гипса;
- 4 - глина с линзами и прослоями песка, с включением гравия и гальки кристаллических пород;
- 5 - уровень грунтовых вод

Всем инж. д.г.

Подпись и дата

Служ. № подл.

ся пойменными и старичными отложениями Прасырдарья. Прасырдарья протекала севернее современной Сырдарьи и покинула свое русло относительно "недавно", в эпоху бронзового века, на что указывают проведенные археологические раскопки. Тенденция смещения русла реки к югу была вызвана наметившимся еще в нижнечетвертичное время воздыманием антиклинальных складок низшего порядка (адыров) по северо-западному крылу Ферганской впадины (рис. 2.5), с чем и связано зарождение Камыш-Курганской межгорной впадины, структурно полураскрытой к востоку. Зоны прогибания в Ферганской впадине в этот период резко сократились.

Среднечетвертичное время — время наивысшей активизации процессов горообразования и существенной перестройки гидрографической сети Кураминского хребта, с чем связано повсеместное распространение на его южных склонах мощных пролювиальных отложений конусов выноса. Высота хребта достигала 3000 и более метров, высота антиклинальных поднятий (адыров), растущих на северо-западном крыле Ферганской впадины — 1000 м (рис. 2.6). Зоны осадконакопления, в том числе и Камыш-Курганская межгорная впадина, были унаследованы от предыдущего этапа /39/.

Для верхнечетвертичного-голоценового времени характерно дальнейшее поднятие Кураминского хребта в связи с общим воздыманием горного обрамления Ферганской впадины. Рисунок гидрографической сети приобретает современный облик (рис. 2.7).

Таким образом, в настоящее время происходит последовательное сокращение областей аккумуляции за счет роста горных массивов и антиклиналей низшего порядка. Отметим однако, что скорость роста антиклинальных складок (адыров) на современном этапе замедляется (табл. 2.2).

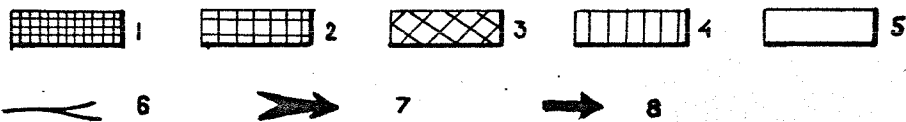
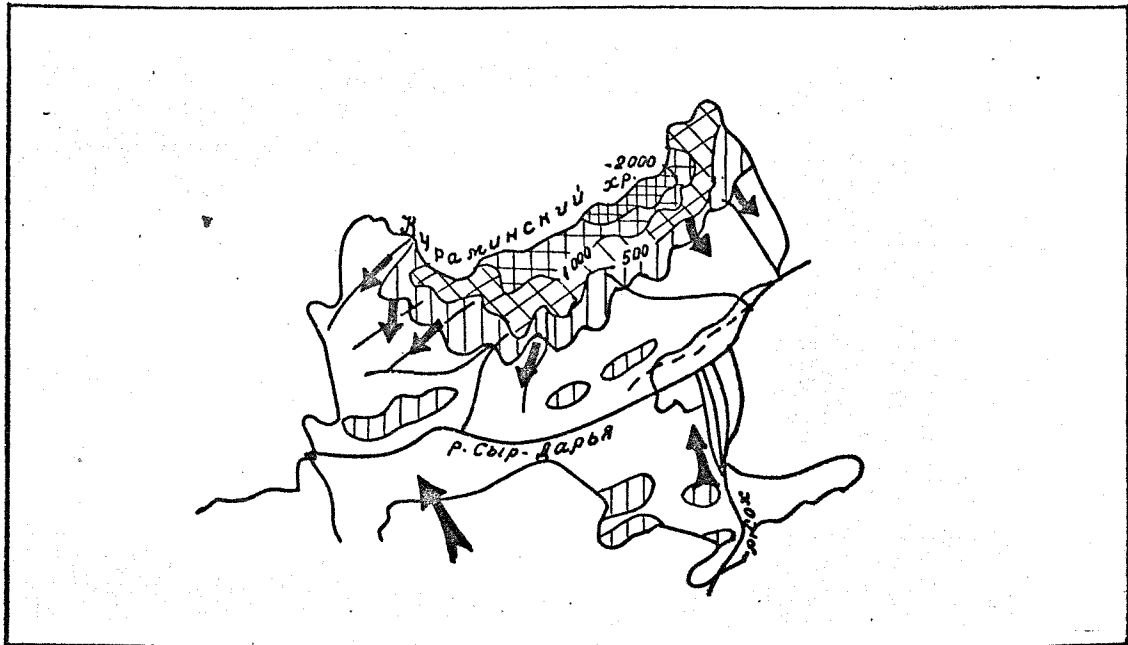


Рис. 2.5. Палеогеографическая реконструкция рельефа Северо-Западной Ферганы для нижнечетвертичного времени (по В.В. Лоскутову, 1963)

- 1 - горы в пределах отметок 2000-3000 м;
- 2 - горы в пределах отметок 1000-2000 м;
- 3 - горы в пределах отметок 500-1000 м;
- 4 - холмисто-увалистые предгорья;
- 5 - возвышенные равнины и плато;
- 6 - реки;
- 7 - главные направления сноса обломочного материала;
- 8 - второстепенные направления сноса обломочного материала

Инв. Л. 1 подл. Певлов и другие. Вост. инв. Л.

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взят. инв. №

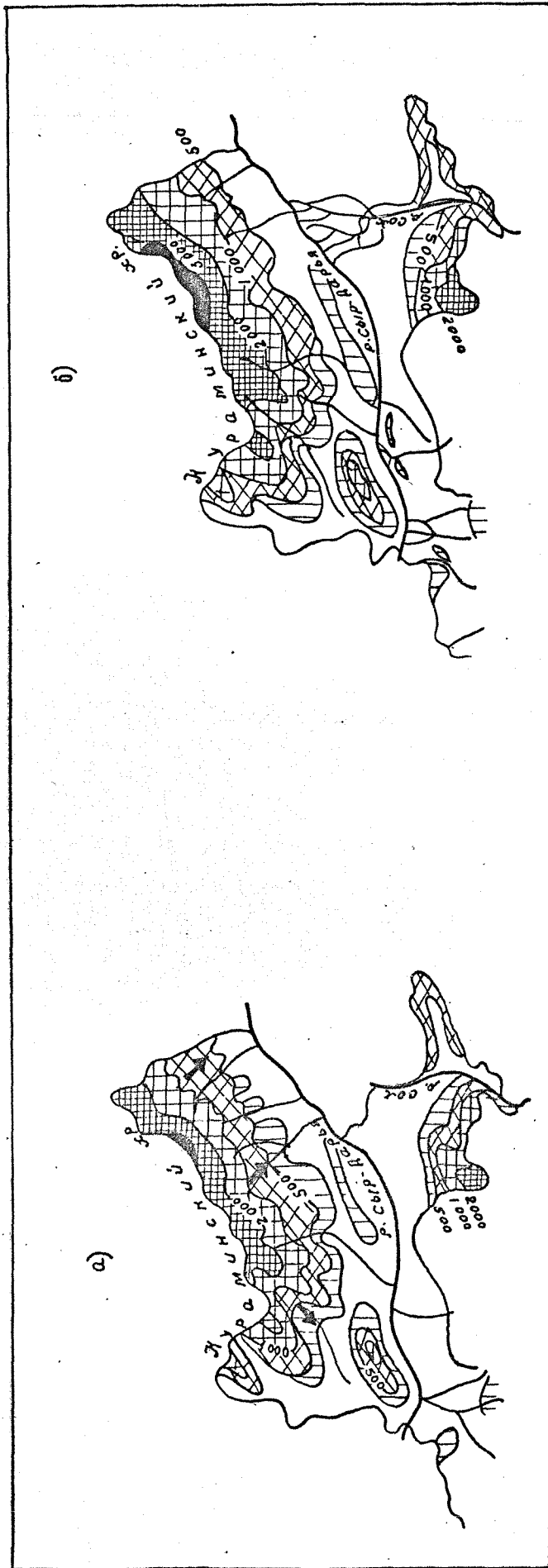


Рис. 2.6. Палеогеографическая реконструкция рельефа Северо-западной Ферганы для раннесреднетертичного (а) и позднесреднетертичного (б) времени (по В.В. Лоскутову, 1963)

1- горы с высотой более 3000 м; 2- горы в пределах отметок 2000-3000 м; 3- горы в пределах отметок 1000-2000 м;
 4- горы в пределах отметок 500-1000 м; 5- холмисто-увалистые плоскогорья; 6- выветренные равнины и плато
 7- реки; 8- второстепенные направления сноса осадочного материала

Ш.б. № 1001а	Родники и долины	Взят. инв. №

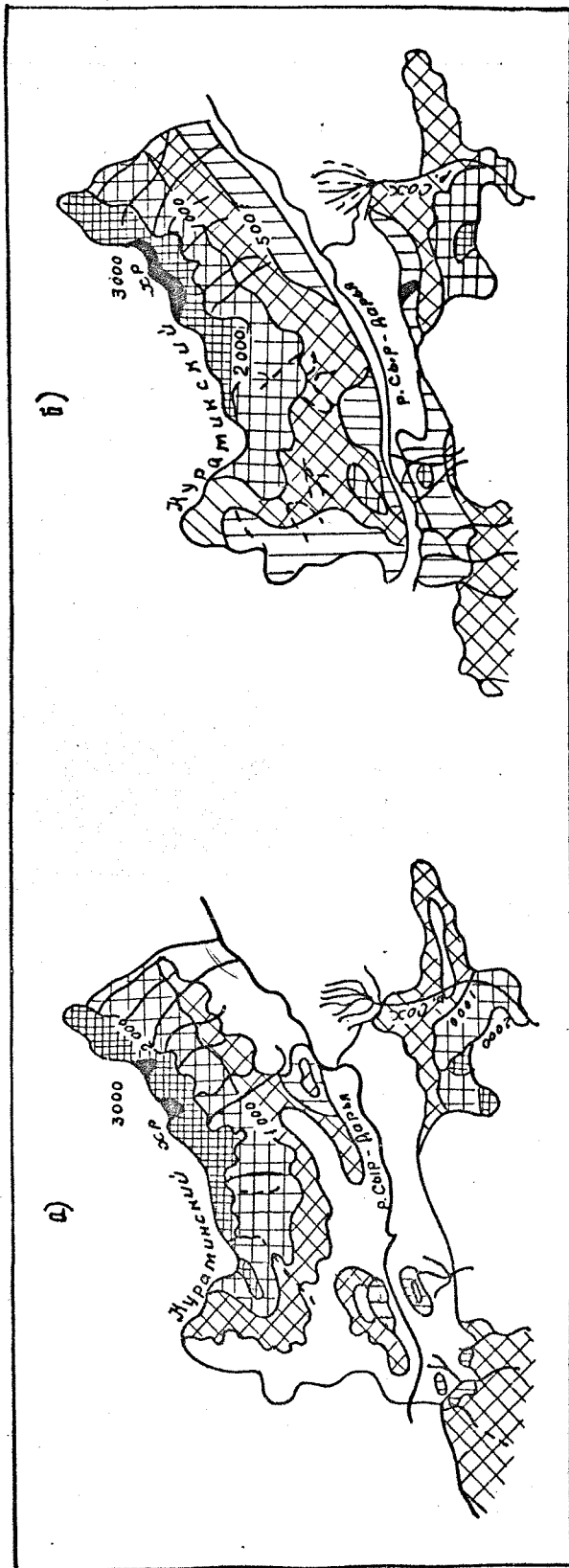


Рис. 2.7. Палеогеографическая реконструкция рельефа Северо-Западной Ферганы для ранневерхнетерциарного (а) и поздневерхнетерциарного - раннеголоценового (б) времени
(по в.в. Лоскутову, 1963г.)

- 1-Горы с высотой более 3000 м; 2-Горы в пределах отметок 2000-3000 м;
- 3-Горы в пределах отметок 1000-2000 м; 4-Горы в пределах отметок 500-1000 м;
- 5-Холмисто-увалистые предгорья; 6-высошенные равнины и плато; 7-реки

Таблица 2.2.

Рост адыра Супе-Тау в четвертичное время
(по С.А.Несмеянову, 1966)

Эпоха	! Амплитуда ! поднятия, м !	! Скорость под- ! нятия, в м за ! 1000 лет
Голоцен	25	2,5
Верхнечетвертичный	130	4,0
Среднечетвертичный	510	8,5

Климат в течение всего плейстоцена сохранялся сухим и жарким с периодической сменой увлажнения в эпохи горно-долинных оледенений. О сухости климата свидетельствует спорово-пыльцевой комплекс из различных возрастных слоев четвертичного периода, имеющий ксерофитный облик /78/.

Итак, краткое рассмотрение история развития Кураминского хребта и Камыш-Курганской межгорной впадины позволяет сделать основные выводы, касающиеся особенностей ландшафтно-палеогеохимической обстановки миграции легкорастворимых солей:

- 1) основные макроструктуры являются унаследованными на всех этапах геологического развития региона;
- 2) кора выветривания, формирующаяся в эпохи континентального режима осадконакопления, многократно разрушалась и переотлагалась процессами денудации, являясь тем самым ареной большого геологического кругооборота химических элементов, в частности, легкорастворимых солей;
- 3) жаркий и влажный климат палеозоя способствовал формированию кислой выщелоченной коры выветривания, обедненной легкорастворимыми солями;

- 4) историческая геохимия легкорастворимых солей, их локальная аккумуляция отчетливо проявляется со времени герцинского орогенеза, когда выведенные тектоникой и эрозией на поверхность сульфидные месторождения оказались окисленными, и сульфаты начали мигрировать вниз по рельефу, формируя ореолы рассеяния в пролювиальных отложениях конусов выноса;
- 5) смена в верхнемеловое время климата влажных субтропиков на жаркий и относительно засушливый климат саванн с последующей его аридизацией в неоген-четвертичное время также содействовала закреплению легкорастворимых солей в ландшафтах в связи с широким распространением солончаковых и гипсовых пустынь на прогрессивно иссушающейся территории;
- 6) последующее вовлечение в ходе альпийского орогенеза древних поверхностей выравнивания с ландшафтами гипсовых пустынь в общее глыбово-сводовое поднятие Кураминского хребта привело к размыву и переотложению гипса вниз по склону; сульфат-ион стал типоморфным в ландшафтах конусов выноса и прилегающих к ним подгорных равнин.

Геоморфологическое строение

Формирование различных типов рельефа происходит вследствие наложения на конкретные морфоструктурные формы, predeterminedные тектоникой, различных морфоскульптур, несущих в своем облике отпечаток тех или иных климатических условий.

В современном рельефе региона выделяются три главные морфоструктуры, образующие в совокупности каскадную ландшафтно-геохимическую систему с общим направлением гидрохимического стока от более высоких к более низким ступеням рельефа. Это:

Кураминский хребет
↓
Конусы выноса
↓
Камыш-Курганская
межгорная впадина

Генетические типы рельефа, развитые в пределах изучаемого региона, представлены эрозионно-тектоническим, структурно-денудационным, денудационно-аккумулятивным, эрозионно-аккумулятивным и аккумулятивным типами.

Эрозионно-тектонический тип рельефа характерен для Кураминского хребта. Вершины гор имеют остроконечную форму, крутизна их склонов достигает 35° . Долины горных рек крутостенные, каньонообразной и V-образной формы с частыми порогами и резкими перепадами высот (рис.2.8). Всё это позволяет отнести рельеф Кураминского хребта к альпийскому. Для Кураминского хребта, как и для всех гор Средней Азии, характерно проявление закона асимметричного развития гипергенных толщ на его теневых (северной и западной экспозиций) и солнечных (южной и восточной экспозиций) склонах. Так, теневые склоны гор обычно повсеместно покрыты довольно мощным (от 2 до 7 м) чехлом рыхлых делювиальных лессовидных суглинков, на склонах южной и восточной экспозиций фрагментарно развит маломощный грубообломочный и сильнощебнистый делювий /79/.

Рельеф водораздельной поверхности адырных гряд относится к структурно-денудационному типу. Гряды имеют почти широтное направление. Абсолютные отметки колеблются от 1000 м на западе до 450 м на востоке, где адыр Супе-Тау постепенно погружается под чехол рыхлых четвертичных отложений. Ширина гряд не превышает 8 км.

Склоны Кураминского хребта и адырных гряд, перекрытые аллювиально-делювиальным и пролювиальным чехлом современных отложений, представляют собой денудационно-аккумулятивный тип рельефа (рис.2.9)



Рис. 2.8. Долина Дагана-сая в 1 км
выше кишлака Мулламир
(Фото И. Г. Глухова, 1955)

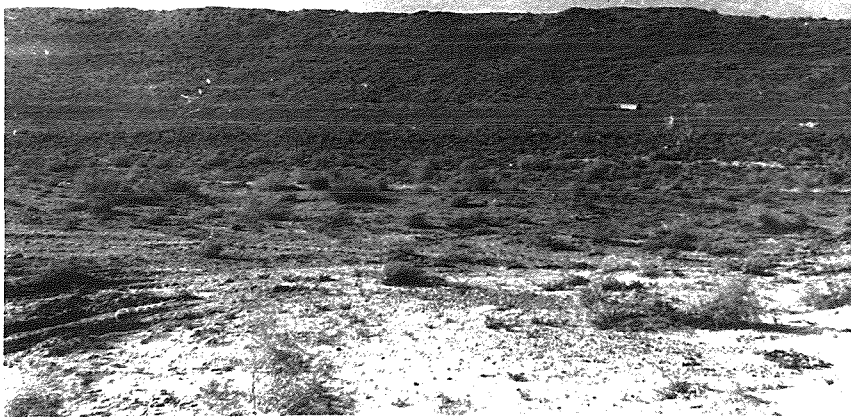


Рис. 2.9. Южный склон адыра Супе-Тау;
вдали виднеется г.Бобоиоб — самая вы-
сокая вершина Кураминского хребта (3768 м)
(фото автора, 1979)

Совместно с эрозионными террасированными уступами адырных гряд, правыми террасами и поймой р.Сыр-Дарьи долины горных рек, прорезающие склоны Кураминского хребта, объединены в эрозионно-аккумулятивный тип рельефа. В пределах горных речных долин насчитывается до 3-4 слабо выраженных террас. Долина р.Сыр-Дарьи на участке примыкания к южному склону адыра Супе-Тау включает в себя четыре террасы. Превышение первой, второй, третьей и четвертой надпойменных террас над урезом реки составляет соответственно 16-18 м, 20-25 м, 32-43 м и 60-69 м.

Аккумулятивный тип рельефа представлен конусами выноса саев, сложенных пролювиальными отложениями. Сюда же следует отнести и эоловые аккумуляции в виде песчаных бугров и барханов, расположенных по периферии конусов выноса. Валунно-галечниковые и гравийные отложения верхних частей конусов выноса книзу сменяются дресвяно-щебнистыми и песчаными отложениями, состоящими преимущественно из кварца (32%), полевых шпатов (23%), карбонатов (20%) и слюд (10%) /79/. В результате новейших тектонических движений сформировались четыре разновозрастные поверхности конусов выноса. Наиболее древняя сохская генерация конусов выноса ($рQ_1$) встречается в виде останцовых, сильно расчлененных холмистых гряд, непосредственно примыкающих к южному склону Кураминского хребта. Южнее поверхности конусов выноса становятся менее расчлененными (рис. 2.10). Время их формирования относится к ташкентскому ($рQ_2$), голодностепскому ($рQ_3$) и современному ($рQ_4$) эрозионным циклам. Генерация ташкентского эрозионного цикла имеет наибольшее распространение /91/. Кроме того, к аккумулятивному типу рельефа относится поверхность озерно-пролювиальной равнины, занимающей центральную, слабонаклонную часть Камыш-Курганской межгорной впадины. Поверхность равнины полого-волнистая, осложнена неглубокими пересохшими озерными котловинами и западинами, поросшими болотной растительностью.

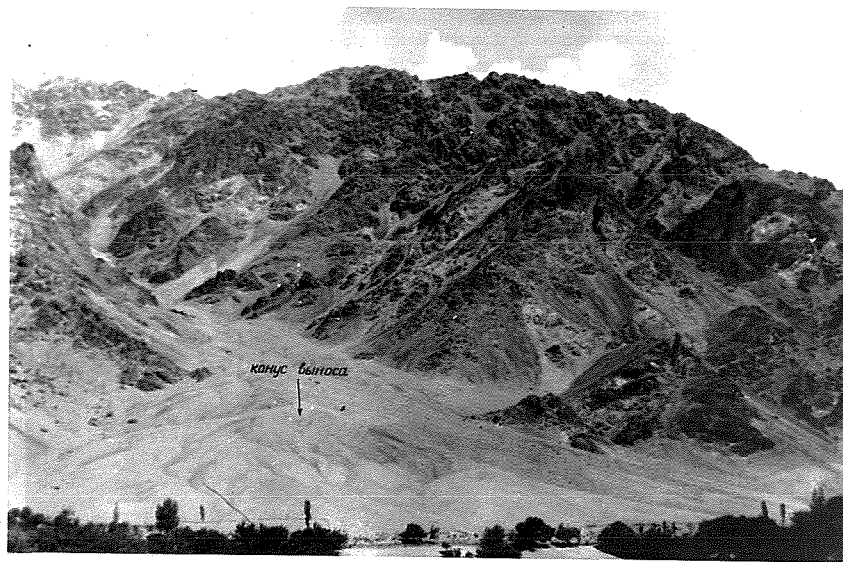


Рис. 2. Ю. Конус выноса Пангаз-сая
(фото И.Г.Глухова, 1955)

Климатические условия

Климат Северо-Западной Ферганы носит субтропические черты и характеризуется сухим жарким летом и относительно мягкой дождливой зимой. Средняя температура самого жаркого месяца — июля — составляет $+27^{\circ}+28^{\circ}$, при абсолютном максимуме $+50^{\circ}$. Зимой температура на равнине никогда не опускается ниже $-2^{\circ}-4^{\circ}$.

В связи с наличием орографической преграды, которой является Кураминский хребет на пути движения влажных западных воздушных масс, количество осадков, выпадающих на подветренных склонах хребта и обращенных к Камыш-Курганской межгорной впадине, невелико и составляет 123 мм в год (табл. 2.3)

Таблица 2.3.

Средняя многолетняя сумма осадков в пределах Камыш-Курганской межгорной впадины (по А.А.Кашлеву и др. 1980)

Период наблюдений												!	Сумма											
I	!	II	!	III	!	IV	!	V	!	VI	!	VII	!	VIII	!	IX	!	X	!	XI	!	XII	!	Сумма за год, мм
II		I2		I3		I5		I8		I4		7		3		I		8		I2		9		I23

Высокая испаряемость, достигающая в летнее время 340 мм (табл.2.4), характеризует изучаемую территорию как зону недостаточного увлажнения с $K = 0,05-0,1$.

Таблица 2.4.

Динамика величины испаряемости в пределах Камыш-Курганской межгор-

ной впадины (по П.Д.Гуськову, 1964)

Период наблюдений												Сумма за год, мм
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
36,8	47,4	99,5	179,8	244,8	311,7	335,8	318,4	252,9	153,9	86,4	46,2	2113,6

На орошаемых площадях столь большой дефицит влажности (рис. 2. II) отчасти компенсируется конденсацией водяных паров на поверхности почвы в пределах хлопковых полей (табл. 2.5).

Сумма положительных температур в течение периода с температурой выше 10° составляет 4500-4700°. Длительность безморозного периода равна 220 дням /62/.

Таблица 2.5.

Конденсация водяных паров на поверхности почвы под посевами хлопчатника (по М.В.Бабаеву и др., 1972)

Период наблюдений												Сумма за год, мм
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
13,5	13,6	6,2	7,0	9,1	12,5	7,5	6,8	28,0	30,3	25,9	10,3	170,7

Холодное время года связано здесь с вторжением на территорию Среднеазиатского региона сибирского антициклона, точнее - его юго-западной периферийной части. В это время устанавливается безоблачная погода с ночным радиационным выхолаживанием. Днем вследствие интенсивной солнечной радиации воздух прогревается. Однако, довольно часто сюда прорывается иранский циклон через южную часть Каспия

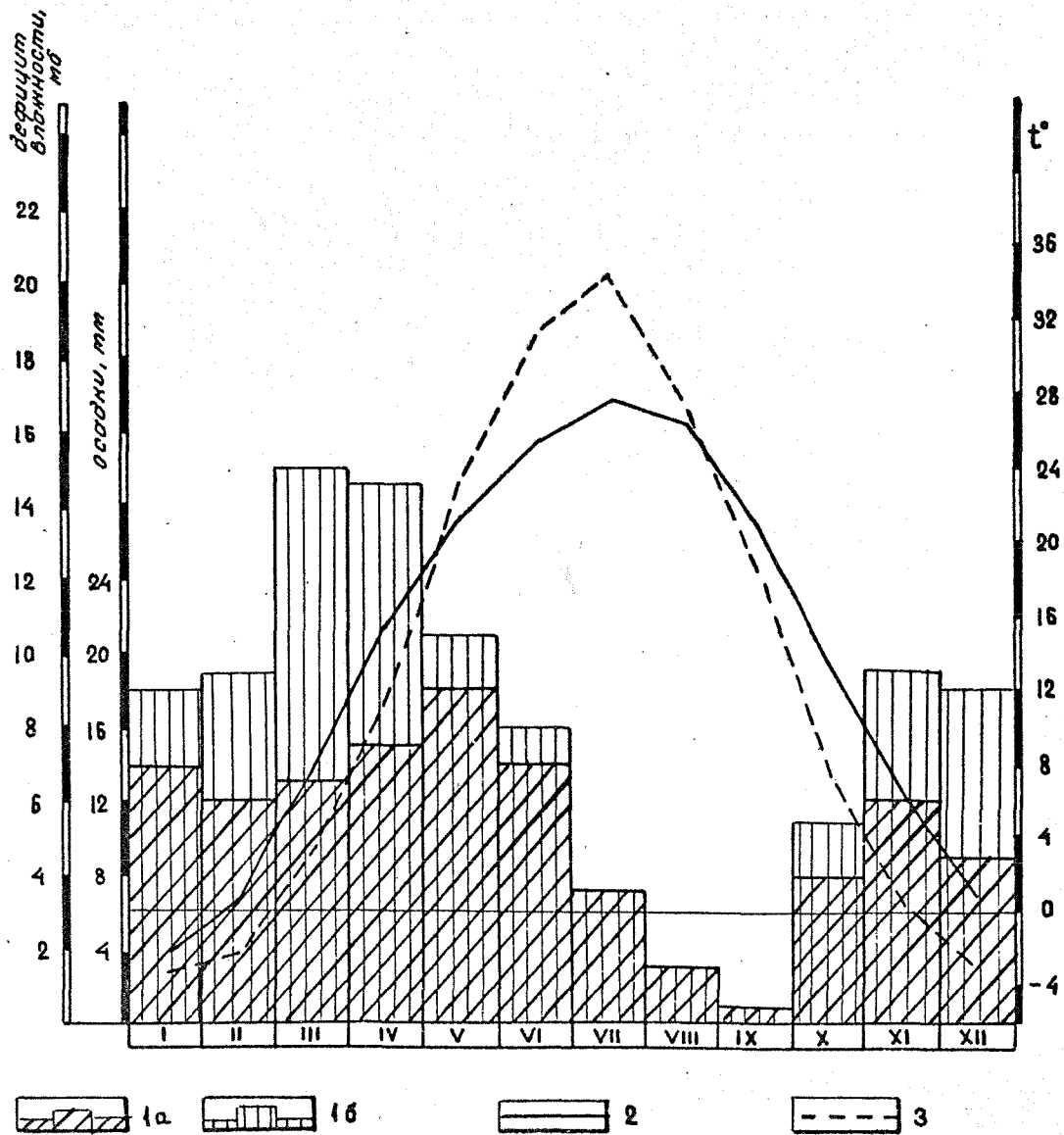


Рис. 2.11. Средние многолетние характеристики суммы осадков, температуры и дефицита влажности для территории Северо-Западной Ферганы (по А.А. Кашлеву и Т.М. Федоровой, 1980)

1 - осадки, мм а) для метеостанции Джарбулак (абс. отм. 431 м)
 б) для метеостанции Ашт (абс. отм. 698 м)
 2 - температура, t°; 3 - дефицит влажности, mb

Уч. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	

или через понижение между Копет-Дагом и Паропамизом, в результате чего усиливается фронтальная деятельность и выпадают осадки. Выпадение осадков в холодное время года длится с ноября до марта-апреля. Максимальное их количество приходится на начало и конец холодного периода, т.е. на ноябрь и март (до 15-20% от годовой суммы осадков). Осадки, в основном, выпадают в жидком виде. Снежный покров на равнине даже в самое холодное время года неустойчив и маломощен, его высота редко превышает 10 см. Появление иранского циклона сопровождается частыми и сильными юго-восточными ветрами. Они нередко достигают силы урагана на западе Камыш-Курганской межгорной впадины в узком коридоре, носящем название "Ходжентские ворота", который пропилила р.Сыр-Дарья в юго-западных отрогах Кураминского хребта. При таких ветрах происходит значительное потепление, иногда в течение суток температура повышается на 15-20°, ухудшается видимость в связи с сильной запыленностью континентального тропического воздуха /62/. В целом, все холодные вторжения нередко заканчиваются восстановлением тихой и ясной погоды юго-западной периферии сибирского антициклона.

В течение теплого времени года, начиная с мая по сентябрь, погоду "диктуют" отрог азорского антициклона и обширная переднеазиатская термическая депрессия. В теплое время года по сравнению с холодным частота вторжения с севера, северо-запада и запада возрастает в 1,5-2,0 раза. Направление ветра в "Ходжентских воротах" меняется на юго-западное (гармсилъ). На сильно прогретой равнине холодные вторжения быстро трансформируются, но зато в горах увеличивается облачность, идут дожди и дуют сильные ветры.

Летом также часты местные горно-долинные ветры, вызываемые термическим градиентом. Такие ветры способствуют перемещению пыли и влаги в течение суток: днем-из предгорий в горы, ночью - с гор в предгорья. В горах количество осадков возрастает (табл.2.6).

Приводим средние многолетние данные по метеостанции Ашт, расположенной на отметке 698 м, где наблюдения велись с 1936 по 1960 г.г.

Таблица 2.6.

Средняя многолетняя сумма осадков в районе привершинной части конусов выноса южного склона Кураминского хребта (по Х.И.Ишанджанову, 1973)

Период наблюдений												Сумма за год, мм
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
18	19	30	29	21	16	7	3	1	11	19	18	192

Среднегодовое количество осадков на высотах 1500–3000 м в зоне формирования гидрохимического стока составляет 295 мм/год /12/.

Поверхностные и подземные воды

Гидрографическая сеть района насчитывает шесть крупных горных рек, стекающих с южных склонов Кураминского хребта в Камыш-Курганскую межгорную впадину: Дагана-сай, Пангаз-сай, Ашаба-сай, Гудас-сай, Ашт-сай и Пунук-сай. Все реки имеют снегово-дождевое питание с максимальным расходом в апреле-мае и минимальным в январе-феврале (рис. 2.12). В период прекращения дождей и таяния снега реки питаются за счет грунтовых вод, выклинивающихся в долинах /66/.

Являясь правыми притоками р.Сыр-Дарьи, — второй по величине крупной водной артерии Средней Азии — они не всегда доносят в неё свои воды. Лишь во время половодий, дождевых паводков и селей воды Ашт-сая и Пунук-сая достигают р.Сыр-Дарьи (рис. 2.13). Большинство горных рек при выходе из скалистых теснин Кураминского хребта рас-

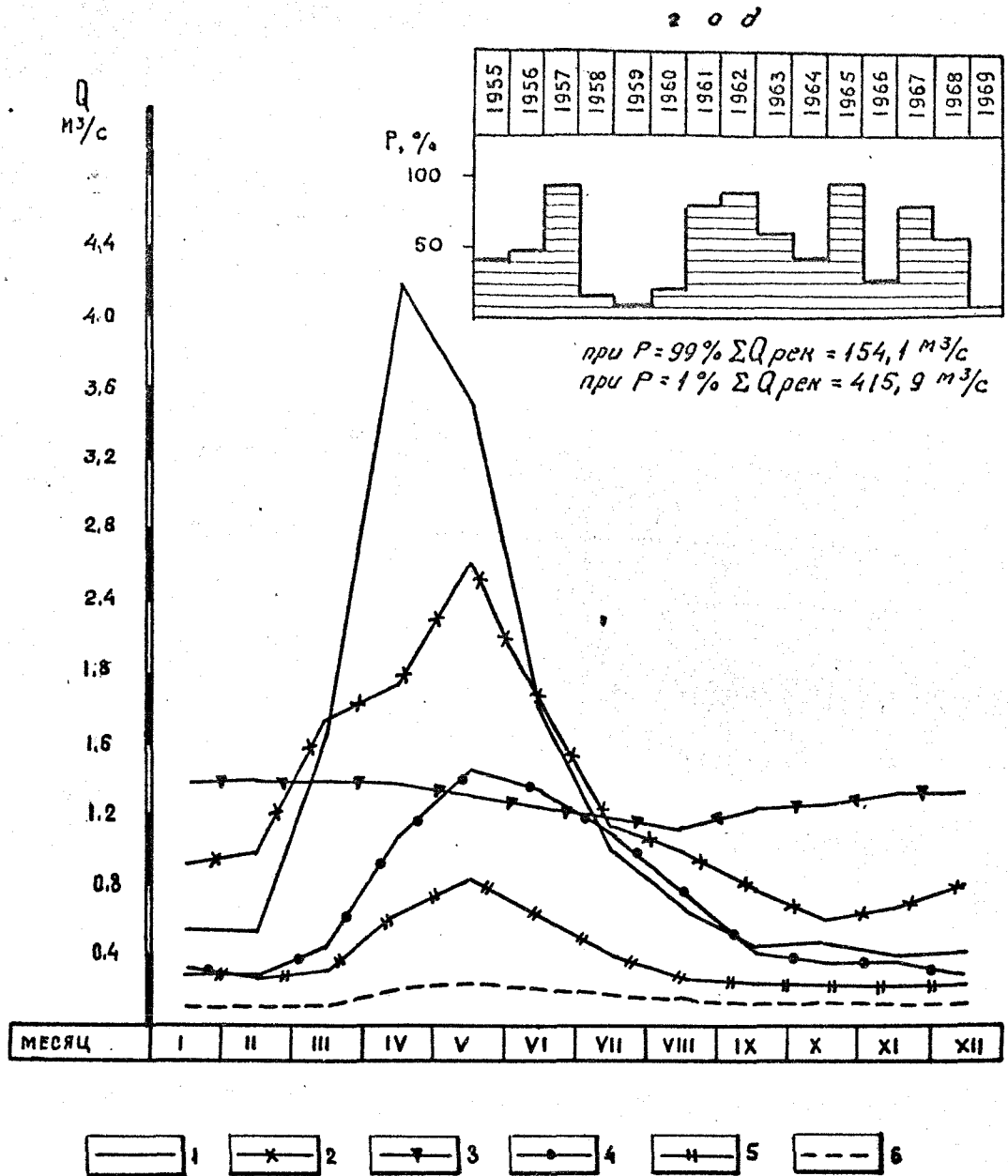


Рис. 2.12. Среднемесячные расходы горных рек, стекающих в Намыш-Курганскую межгорную впадину, за многолетний период наблюдений 1955-72 гг (по Х.У. Ишонджанову, 1973)

1 - Пунук-сай; 2 - Пангаз-сай; 3 - Дагана-сай; 4 - Ашт-сай; 5 - Ашаба-сай; 6 - Гудас-сай;

На врезке: обеспеченность (P, %) водными ресурсами всей территории Ферганы за счет поверхностного стока (по А.Н. Гостунскому, 1969)

1. Уменьшение водности в долине и впадине; 2. Уменьшение водности в долине и впадине; 3. Уменьшение водности в долине и впадине; 4. Уменьшение водности в долине и впадине; 5. Уменьшение водности в долине и впадине; 6. Уменьшение водности в долине и впадине.

сеивают свой сток, быстро фильтруясь в мощную пролювиальную гра-
вийно-галечниковую толщу конусов выноса и дают начало потоку под-
земных вод, направленному в Камыш-Курганскую межгорную впадину.

Дополнительный источник питания горных рек-это динамические
запасы подземных вод в палеозойских породах, величина которых сос-
тавляет 653 л/с /12/. Водоносность пород палеозоя обусловлена ре-
гиональной и локальной трещиноватостью. Мощность зоны региональной
трещиноватости достигает 40-80 м. Движение трещинных вод предопре-
делено рельефом, в целом - от водоразделов к полосе предгорий.
Подземный сток по зоне региональной трещиноватости невелик и сос-
тавляет 3,3-5,2% от величины дождевого стока. На пути своего дви-
жения трещинные воды интенсивно дренируются долинами рек, попол-
няя запасы поверхностных вод. Приводим данные по стоку горных рек,
заимствованные нами из фондовых источников Северной гидрогеологиче-
ской экспедиции (СГГЭ) при Управлении геологии Таджикской ССР
(табл. 2.7). Как видно из таблицы, среднегодовой суммарный расход
горных рек, стекающих непосредственно в Камыш-Курганскую межгорную
впадину, невелик и составляет 5,05 м³/с.

Таблица 2.7.

Среднегодовые расходы горных рек южного склона Кураминского хребта
за многолетний период наблюдений 1955-72 гг (по Х.И.Ишанджанову,
1973)

№ п/п	! Названия горных рек	!Площадь во- !досбора, ! км ²	!Средневзвешен! !ная высота во! !досбора, абс.м!	Расход, л/с
1	Дагана-сай	182,0	1832	1290
2	Пангаз-сай	270,1	1740	1240
3	Ашаба-сай	109,8	2017	380
4	Гудас-сай	123,8	1366	150
5	Ашт-сай	150,7	1550	680
6	Пунук-сай	349,5	1647	1310

$\Sigma = 5050$ л/с

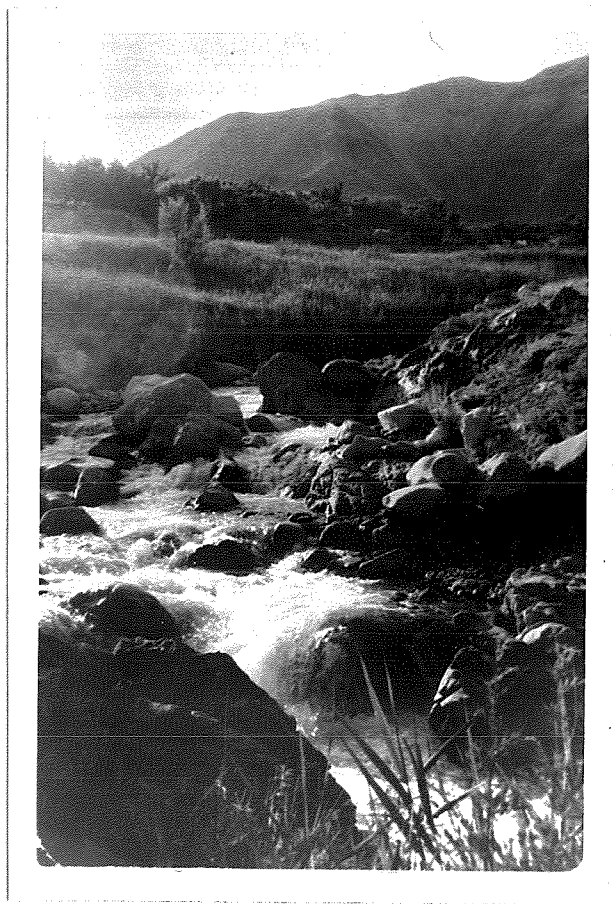


Рис. 2. В. Русло Пунук-сая в 6 км
выше кишлака Пунук
(фото И. Г. Глухова, 1955)

Это обстоятельство, наряду с выпадением менее 300 мм в год атмосферных осадков на высотах 1500–3000 м в пределах основной зоны формирования гидрохимического стока, позволяет отнести изучаемую территорию к числу слабо обеспеченных поверхностным стоком и не обеспеченных питанием подземных вод атмосферными осадками /40/.

Формируясь в условиях малого артезианского бассейна, которым в структурно-гидрогеологическом отношении является Камыш-Курганская межгорная впадина, поток подземных вод зарождается с момента появления в долинах сав аллювиальных отложений, куда инфильтруются речные воды. Мощность водоносных горизонтов нарастает от 1–5 м в верховьях долин до 100 м в местах выхода рек в область предгорных конусов выноса. Глубина залегания уровня подземных вод соответственно изменяется от 0–5 м до 25–30 м и более. Подземный поток по мере своего движения к Камыш-Курганской межгорной впадине рассеивается в конусах выноса, формируя потоки спорадического распространения шириной от 50–200 м до 1500–3000 м. В центральных частях конусов выноса потоки сливаются своими краями и образуют сплошное водное зеркало, имеющее общее падение на юг и локальные уклоны к межконусным понижениям. Мощность водоносных горизонтов изменяется от 70–120 м в привершинных частях конусов выноса, возрастая до 500 м в их центральной части и уменьшаясь к периферии от 100 м до 3–5 м /66/.

Выйдя на озерно-пролювиальную равнину, единый поток вновь расчленяется на ряд обособленных горизонтов, на этот раз в связи с наличием водоупорных слоев озерных глин и суглинков, переслаивающихся с аллювиально-пролювиальными отложениями конусов выноса. Водоносные горизонты приобретают напор, достигающий +10–16 м над поверхностью земли /65/. Пробуренная нами в 1977 г разведочная скважина 16-с глубиной 100,0 м на опытном ключевом участке, расположенном в центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины, вскры-

ла напорный водоносный горизонт в гравийно-галечниковых отложениях на глубине от 54 до 75 м. Уровень воды в ней установился на отметке +8,0 м над поверхностью земли.

Адырная гряда Супе-Тау является своеобразным экраном на пути движения подземного потока в сторону долины р.Сыр-Дарьи. Большая часть подземных вод оказывается "запертой в ловушку" и частичная разгрузка первого от поверхности водоносного горизонта происходит за счет выклинивания грунтовых вод у подножия адыра. Такова причина образования мелководного соленого озера Шакаркуль, имеющего длину около 8 км и ширину 0,2-0,7 км и вытянутого в широтном направлении вдоль гряды Супе-Тау. В настоящее время в связи с интенсивным отбором пресных подземных вод на орошение уровень грунтовых вод в центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины за последние годы снизился от 1,1 м до 3,5 м /50/ и озеро Шакаркуль, как таковое, перестало существовать, хотя и не исчезло с топографических карт.

Основная разгрузка подземных вод в долину р. Сыр-Дарьи происходит в восточной части Камыш-Курганской межгорной впадины, где гряда Супе-Тау погружается под чехол рыхлых четвертичных отложений.

В связи со сложным тектоническим строением Ферганы в её пределах насчитывается 34 малых артезианских бассейна, в которых сосредоточены большие запасы пресных подземных вод (рис. 2.14). Проведенная Р.С.Мангельдиным /40/ типизация таких бассейнов по геоструктурному принципу и сходным условиям формирования подземных вод в рыхлых четвертичных отложениях в зависимости от гидрологических и климатических факторов, позволила выделить здесь ряд бассейнов-аналогов. Так, Камыш-Курганская межгорная впадина наряду с Самарской и Алмас-Варзыкской впадинами относится к числу малых артезианских бассейнов с затрудненными условиями формирования подземных вод и слабой обеспеченностью восполнения их естественных ресурсов

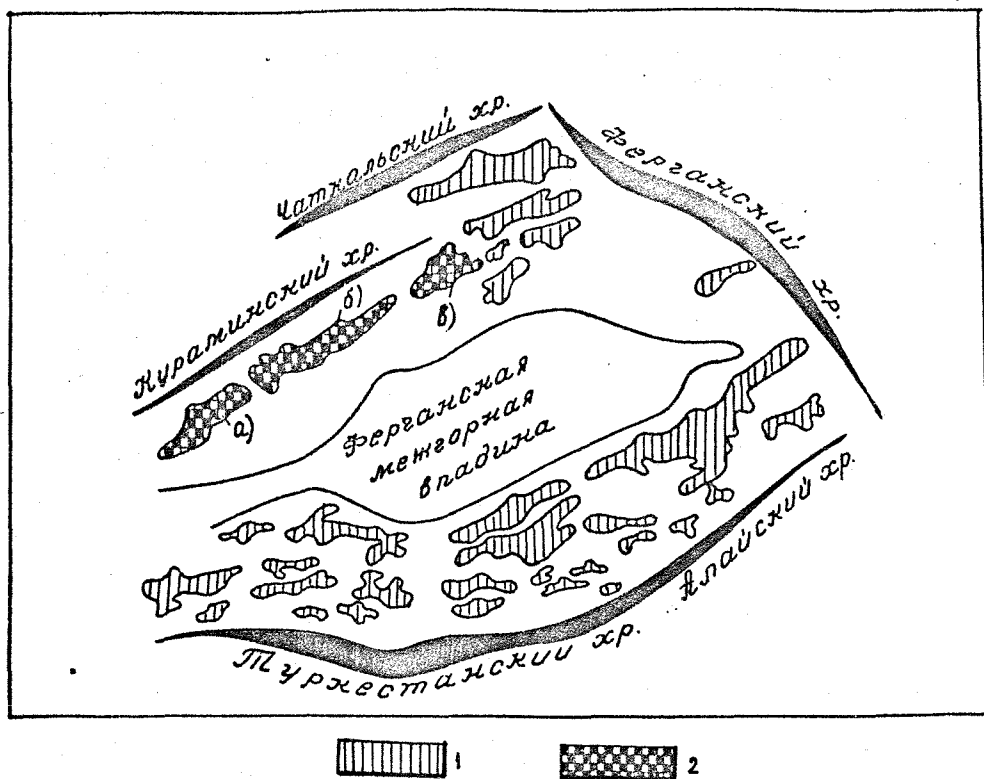


Рис. 2.14. Обзорная схема малых артезианских бассейнов Ферганы (по Р.С. Мангельдину, 1972)

1 - малые артезианские бассейны; 2 - бассейны - аналоги по условиям формирования подземных вод и обеспеченности восполнения их естественных ресурсов: а) Самгарский; б) Натыш-Курганский; в) Алмас-Варзынский

Инв. № подл.	Подпись и дата	Лист. инв. №

в связи с большими размерами их площадей и мощными (до 500 м) толщами выполняющих их ложа рыхлых четвертичных отложений при сравнительно небольших ресурсах поверхностных вод и недостаточным атмосферным питанием.

Почвы и растительность

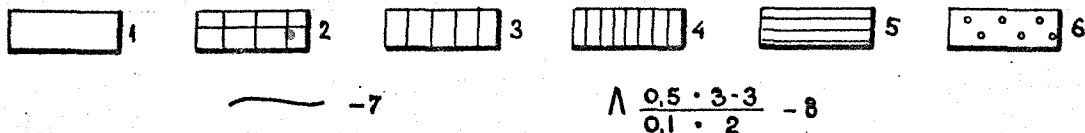
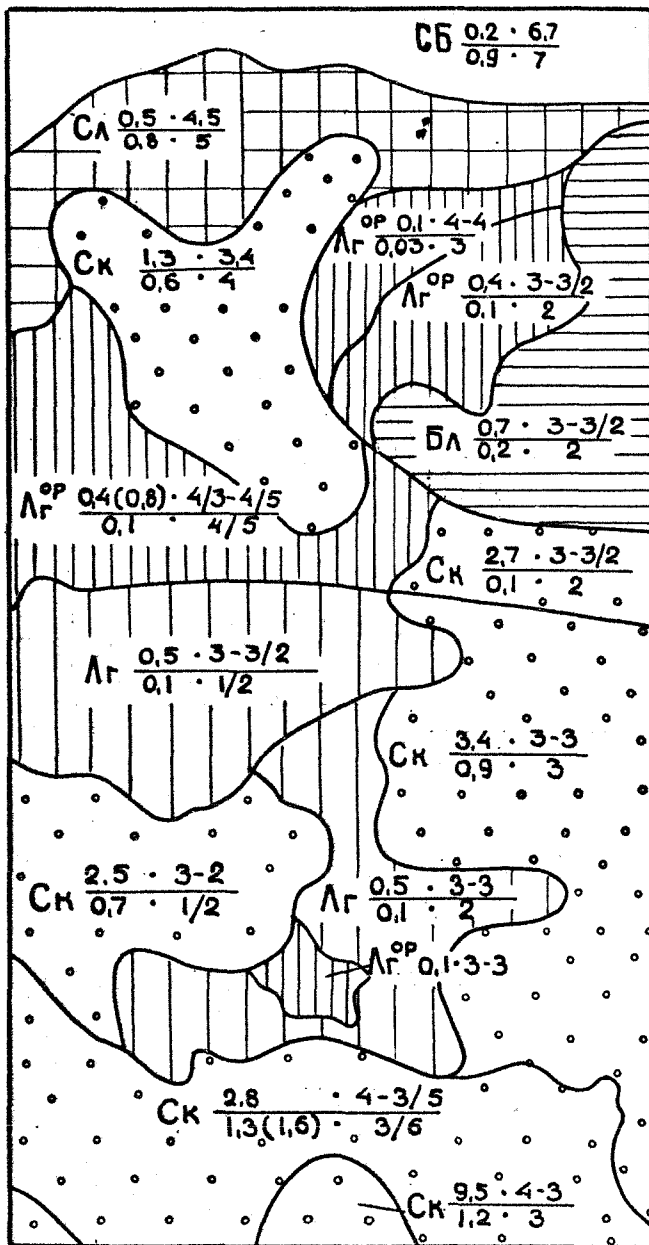
В структурном отношении почвенный покров изучаемой территории рассмотрен как почвенные комбинации, отнесенные к группе сочетаний, где мезорельеф играет ведущую роль в пространственном распределении закономерно сменяющихся типов почв /85/ от водораздела Кураминского хребта к предгорным конусам выноса и центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины.

Зональным типом почв здесь являются сероземы, занимающие верхнюю часть конусов выноса на отметках 600-1000 м, крутые склоны Кураминского хребта до высоты 1500 м, а также северную слабонаклонную часть Камыш-Курганской межгорной впадины на локальных участках, где уровень грунтовых вод не поднимается выше 3,0 м. Растительный покров предгорий сильно разрежен, степень проективного покрытия не превышает здесь 5-10%. Эдификатором является тонколистная полынь (*Artemisia tenisecta*) в сообществе с кийреуком (*Salsola rigida*) и полукустарниками (*Ulinia Regelii*, *Anabasis egiopoda*). Весной типичны эфемеры: мятник луковичный (*Poa bulbosa*), костер (*Bromus tectorum*), ячменец (*Carex pachystylis*), осочка (*Carex phisoides*), биомасса которых достигает 5-6 ц/га, что вполне сопоставимо с продукцией степных травянистых ассоциаций /24/.

В пределах средней и, отчасти, периферийной части конусов выноса развиты серо-бурые сильно щебнистые почвы, в целом характерные для полупустынь и пустынь Средней Азии. Такая своего рода территориальная инверсия типов почв в условиях подгорных равнин сухих суб-

тропических степей объясняется особенностями почвообразующих пород, представленных валунно-щебнистыми отложениями конусов выноса. Почвы, развитые на таких отложениях, получают меньше влаги и прогреваются сильнее, в результате чего почвообразовательный процесс протекает по более южному типу и на месте сероземов образуются серобурные почвы, которые по мере смены фациального состава пролювиальных отложений на более тонкодисперсные озерно-пролювиальные вновь замещаются сероземами светлыми в комплексе с лугово-сероземными и луговыми почвами. Те в свою очередь сменяются мозаикой луговых, лугово-болотных почв и солончаков на чрезвычайно неоднородных по литологическому составу озерно-пролювиальных отложениях в пределах участков с глубиной залегания грунтовых вод от 1,5 м до 2,0 м (рис. 2.15).

Особенностью сероземов Северо-Западной Ферганы является полное отсутствие следов роющей деятельности насекомых, которые обычно сообщают почвенной толще ноздреватый, ячеистый вид /75/. Пояс светлых сероземов расположен в пределах отметок 600–1500 м, где они образуют вариации и пятнистости с сероземами типичными. Поверхность здесь сплошь усыпана щебнем. Профиль светлых сероземов характеризуется небольшой мощности (до 12 см) светло-серым гумусовым горизонтом, сменяющимся до глубины 50 см карбонатным иллювиальным светло-серым с желтоватым оттенком горизонтом B_{caCO_3} . Гипсовый горизонт залегает на глубинах 50–80 см, отмечен по появлению шестоватых кристаллов и аморфных корок гипса на нижней поверхности крупнообломочных пород. Для сероземов характерно слабое оглинение верхних горизонтов, о чем свидетельствует повышенное содержание илистой фракции и полуторных окислов по сравнению с почвообразующей породой. Почвы уже с поверхности активно вскипают от H_2S , имеют щелочную реакцию и небольшую емкость поглощения. Содержание гумуса в них составляет 1–3% /24/. Типичные сероземы близки к светлым, но



2.15. Фрагмент почвенных мозаик для западной части Намыш-Курганской межгорной впадины (по материалам института «Союзгипроводхоз», 1969)

Почвы: 1- серо-бурые; 2- лугово-сероземные; 3- луговые; 4- луговые орошаемые; 5- лугово-болотные; 6- солончаны;

Прочие обозначения: 7- границы почвенных контуров; 8- следа от дроби-индекс почвы. В числителе первая цифра - содержание солей (%) в слое 0,0-1,0 м. Вторая и третья цифра - индекс механического состава почв в интервалах 0,0-0,3 м и 0,3-1,0 м соответственно; в знаменателе первая цифра - содержание солей (%) в слое 1,0-2,0 м, вторая цифра - индекс механического состава почв в интервале 1,0-2,0 м (1-глины; 2-тяжелые суглинки; 3-средние суглинки; 4-легкие суглинки; 5-супеси; 6-пески; 7-галечники)

отличаются от них более темной окраской гумусового горизонта и снижением верхней границы иллювиального гипсового горизонта до глубины 80 см. В интервале высот 1300–1500 м преобладают вариации сероземов темных на плоских поверхностях конусов выноса и сероземов типичных на склонах южной экспозиции /75/. Гумусовый горизонт темных сероземов имеет интенсивную темно-серую окраску, но мощность его невелика (до 13 см). Почвы отмыты от карбонатов на глубину 30–35 см. Ниже отмечены карбонатные пленки, покрывающие поверхность гальки и щебня. Гипсовый горизонт залегает глубже 100 см.

Горные светло-коричневые почвы в комплексе с горно-степными и лугово-степными почвами замыкают собой спектр вертикальных почвенных зон южного склона Кураминского хребта на отметках 1500–2800 м. Коричневые почвы развиты под редкими кустарниками и единичной арчой (*Juniperus turkestanica*) с густым травянистым покровом (*из Festuca sulcata, Elytrigia trichoploea, Prangos pabularia*). Их профиль укорочен, не превышая 50 см в пределах нижней границы пояса. В связи с чередованием зимнего влажного и относительно теплого периода с сухим и жарким летним процессами выветривания активно протекают на глубинах 30–80 см, где почва менее иссушена; здесь находятся сменяющие друг друга вниз по профилю оглиненные иллювиальные горизонты B_{msial} и $B_{caCO_3} B_m$. Периодически подтягивающиеся к поверхности карбонаты кальция покрывают тончайшей пленкой поверхности гальки, щебня, валунов. Почвы имеют постоянную нейтральную реакцию в верхних горизонтах за счет биологического поглощения кальция, преобладающего в растительном опаде. Содержание гумуса в коричневых почвах высоко и составляет обычно 4–7% /24/.

Горные степные и лугово-степные почвы развиты на хорошо обогреваемых склонах под растительным покровом с преобладанием типчака (*Festuca sulcata*). Мощность профиля не превышает 30 см. Содержание гумуса в них составляет 4–6%, с глубиной его содержание

резко снижается /75/.

Вернемся к рассмотрению структуры почвенного покрова средней части конусов выноса и примыкающей к ним территории озерно-пролювиальной равнины - ложа Камыш-Курганской межгорной впадины. Расположенные южнее зональных сероземов на отметках 500-600 м серо-бурые почвы характеризуются полноразвитым профилем и сильной щебнистостью. На долю мелкозема в пределах верхнего метрового слоя приходится 54% всего объема. С поверхности серо-бурые почвы покрыты тапировидной пылеватой коркой мощностью 2-3 см, ниже которой находится бесструктурные серый гумусовый горизонт мощностью 7-10 см, сменяющийся иллювиальным карбонатным горизонтом B_{caCO_3} со скоплением белоглазки в его верхней части. Глубже расположен гипсовый горизонт B_{caSO_4} с характерными шестоватыми наростами гипса на нижней поверхности гравийно-щебнистых отложений. Средняя глубина залегания карбонатного и гипсового горизонтов составляет 10-20 см и 35-80 см соответственно. Содержание гумуса в серо-бурых почвах не превышает 0,3-0,6% /63/. Количество легкорастворимых солей в верхней части профиля до глубины 20-30 см колеблется в пределах 0,03-0,06%, в гипсовом горизонте оно резко возрастает до 0,5-0,9% (табл. 2.8).

Таблица 2.8.

Результаты химического анализа водной вытяжки из серо-бурой почвы (данные лаборатории Ленинадской партии ТКИЭ института "Союзгипроводхоз", 1979)

Глубина взятия образца см	Плотный остаток %	Единицы измере- ния	Анионы			Катионы		
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-5	0,056	% мг-экв	0,048	0,010	-	0,015	0,004	0,001
			0,80	0,30	-	0,75	0,30	0,05

Окончание таблицы 2.8.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20-25	0,062	%	0,043	0,010	0,07	0,015	0,002	0,005
		мг-экв	0,70	0,30	0,15	0,75	0,15	0,25
39-44	0,582	%	0,030	0,010	0,384	0,081	0,035	0,043
		мг-экв	0,50	0,30	8,00	4,05	2,85	1,90
120-125	0,904	%	0,030	0,014	0,612	0,141	0,058	0,041
		мг-экв	0,50	0,40	12,75	7,05	4,80	1,80

Для серо-бурых почв, согласно классификации Н.И.Базилевич и Е.И.Панковой /II/, характерен сульфатный тип засоления. Соотношение $\frac{ce}{SO_4}$ в водной вытяжке из горизонта с максимальной солевой аккумуляцией равно 0,03-0,04. Гипсовое соленакопление наглядно иллюстрируется солевой эпюрой серо-бурых почв. Наряду с резким возрастанием доли ионов SO_4^{--} и Ca^{++} в составе водной вытяжки из образцов гипсового иллювиального горизонта растет и содержание иона Mg^{++} (рис. 2.16).

Сероземы светлые встречаются также на отметках 400-500 м по периферии конусов выноса, где грубообломочный пролювиальный материал фациально замещается озерно-пролювиальными глинами и суглинками. Здесь они образуют комплекс с лугово-сероземными и староорошаемыми почвами сероземного типа. Мощность гумусового горизонта светлых сероземов в пределах озерно-пролювиальной равнины составляет 15-20 см, ниже расположен карбонатный иллювиальный горизонт $ВсаСО_3$ мощностью 70-80 см, глубже 100 см залегает гипсовый горизонт с многочисленными наростами и прослоями шестоватого гипса на нижней поверхности гравийно-щебнистых отложений или же, в случае песчаных почвообразующих пород, гипс сплошь рассеян в толще

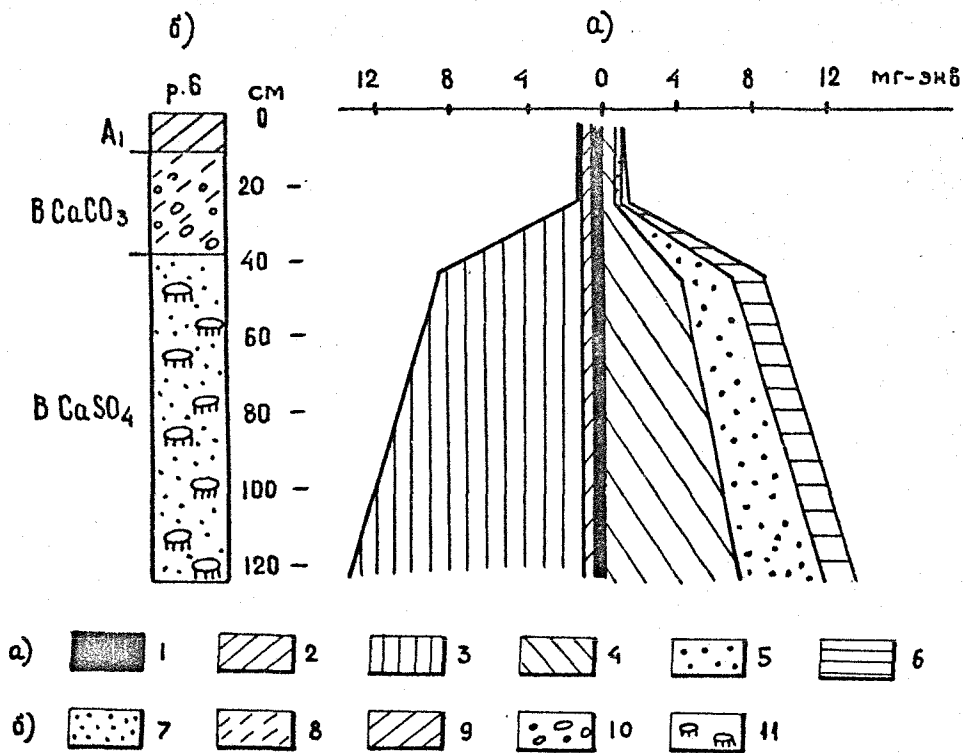


Рис. 2.16. Распределение ионов легкорастворимых солей по профилю серо-бурой почвы (разрез б)

- а) 1 - HCO_3^- ; 2 - Cl^- ; 3 - SO_4^{--} ; 4 - Ca^{++} ; 5 - Mg^{++} ; 6 - $\text{Na}^+ + \text{K}^+$;
 б) почвенный разрез с указанием литологического состава рыхлых отложений: 7 - пески; 8 - суглеси; 9 - тяжелые суглинки; 10 - крупнообломочные включения; 11 - наросты шестоватого гипса на нижней поверхности валунно-щебнистых отложений.

Взят. см. 12
 Различия в диаметре
 Угол. 1/2 град.

мелко-и тонкозернистых песков. Содержание легкорастворимых солей в верхней метровой толще колеблется от 0,05 до 1,0% (табл.2.9)

Таблица 2.9.

Результаты химического анализа водной вытяжки из сероземов светлых (данные лаборатории Ленинабадской партии ТКИЭ института "Союзгипроводхоз", 1979)

№ разреза	Глубина взятия образца, см	Плотный остаток, %	Единицы измерения	Анионы			Катионы		
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-3	0,054		%	0,048	0,007	-	0,014	-	0,007
			МГ-ЭКВ	0,80	0,20	-	0,70	-	0,30
25-30	0,050		%	0,048	0,007	-	0,012	0,002	0,004
			МГ-ЭКВ	0,80	0,20	-	0,60	0,20	0,20
4 73-78	0,140		%	0,061	0,007	0,052	0,024	0,004	0,018
			МГ-ЭКВ	1,00	0,20	1,10	1,20	0,30	0,80
99-104	0,464		%	0,043	0,010	0,288	0,111	0,007	0,019
			МГ-ЭКВ	0,70	0,30	6,00	5,55	0,60	0,85
153-158	1,122		%	0,043	0,007	0,756	0,219	0,056	0,024
			МГ-ЭКВ	0,70	0,20	15,75	10,95	4,65	1,05
0-5	0,122		%	0,043	0,010	0,048	0,024	0,004	0,012
			МГ-ЭКВ	0,70	0,30	1,00	1,20	0,30	0,50
10-15	0,095		%	0,043	0,010	0,028	0,012	0,003	0,017
			МГ-ЭКВ	0,70	0,30	0,60	0,60	0,25	0,75
33-38	0,125		%	0,043	0,010	0,050	0,021	0,005	0,013
			МГ-ЭКВ	0,70	0,30	1,05	1,05	0,45	0,55
59-64	0,093		%	0,043	0,014	0,022	0,015	0,002	0,015
			МГ-ЭКВ	0,70	0,40	0,45	0,75	0,15	0,65
7 123-128	0,800		%	0,036	0,010	0,532	0,118	0,063	0,022
			МГ-ЭКВ	0,60	0,30	11,10	5,90	5,15	0,95

Окончание таблицы 2.9.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I60-I65	0,745	%	0,024	0,010	0,511	0,096	0,068	0,022	
		мг-экв	0,40	0,30	10,65	4,80	5,60	0,95	
I70-I75	0,975	%	0,030	0,007	0,669	0,138	0,086	0,015	
		мг-экв	0,50	0,20	13,95	6,90	7,10	0,65	
200-205	0,678	%	0,024	0,007	0,453	0,081	0,058	0,028	
		мг-экв	0,40	0,20	9,45	4,05	4,80	1,20	
214-219	0,185	%	0,036	0,007	0,096	0,039	0,002	0,016	
		мг-экв	0,60	0,20	2,00	1,95	0,15	0,70	

Сероземы светлые, также как и серобурные почвы, имеют сульфатный тип засоления с соотношением $\frac{ce}{SO_4}$ равным 0,02-0,05 (рис.2.17).

Южнее, в центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины, где уклон поверхности становится незначительным, порядка 0,0036 - 0,0054, грунтовые воды залегают неглубоко (в среднем-на глубине 1,5-3,0 м) развиты мозаики и ташеты почв гидроморфного ряда: луговых, лугово-болотных, болотных почв и солончаков. Для названных почв характерны лугово-галофитные растительные сообщества, представленные верблюжьей колючкой (*Alhagi persorum*) с многолетними травами (из *Helictotrichon litoralis*, *Glycerhiza glabra*), галофитными кустарниками и полукустарничками (*Tamarix arbusculoides*, *Salsola dendroides*). Степень проективного покрытия составляет 45-50%. Профиль луговых почв характеризуется комковатым темно-серым гумусовым горизонтом мощностью от 16 до 30 см, переходящими в слабо оглеенный иллювиальный карбонатный горизонт $B_p^s(g)$, $CaCO_3$, имеющий сизоватый оттенок до глубины 50-60 см. Ниже расположен горизонт C_g с явно выраженными признаками периодического увлажнения в виде ржаво-охристых и сизых пятен. Среди луговых почв выделя-

Учб. № подл.	Подпись и дата	Взят. инв. №

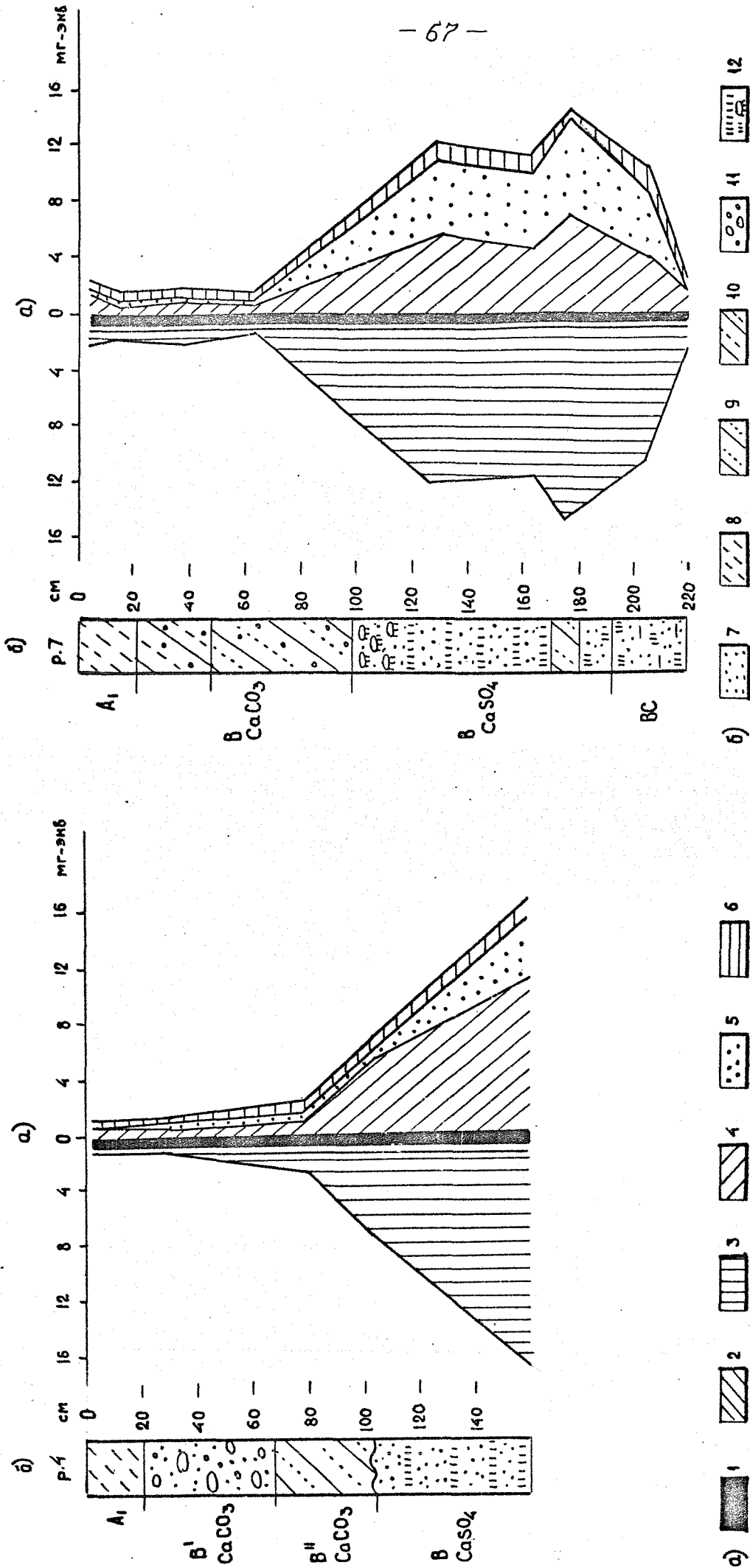


Рис. 2.17. Распределение ионов легкорастворимых солей по профилю светлых сероземов (разрезы NN № 4,7)

а) 1- HCO₃⁻; 2- Cl⁻; 3- SO₄²⁻; 4- Ca⁺⁺; 5- Mg⁺⁺; 6- Na⁺ + K⁺
 б) почвенные разрезы с указанием литологического состава рыхлых отложений; 7- пески; 8- супеси; 9- легкие суглинки; 10- средние суглинки; 11- крупнооблачные глиночтения; 12- карсты шестоблатного типа на нижней поверхности валунно-щебнистых отложений и прослой таннокристаллического глина в мерзлоте

ются контуры с сильным омергеливанием нижних слоев, где содержание карбонатов достигает 22-35% /63/. Образование лугового мергеля связано с переходом растворимого бикарбоната кальция в твердую фазу на термодинамическом карбонатном барьере вследствие разности температур на границе раздела двух сред - почвы и грунтовых вод. Содержание гумуса в луговых почвах колеблется от 0,6 до 2,3%. Количество легкорастворимых солей равно 0,4% у поверхности с максимумом 1,1% над горизонтом грунтовых вод для луговых орошаемых почв (табл. 2.10).

Таблица 2.10.

Результаты химического анализа водной вытяжки из луговой орошаемой почвы (данные лаборатории Ленинадской партии ТКИЭ института "Союзгипроводхоз", 1979)

Глубина взятия образца см	Плот- ный ос- таток, %	Едини- цы из- мере- ния	Анионы			Катионы		
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-5	0,400	%	0,036	0,024	0,233	0,075	0,022	0,014
		мг-экв	0,60	0,70	4,87	3,75	1,80	0,62
24-29	0,210	%	0,036	0,010	0,115	0,045	0,009	0,006
		мг-экв	0,60	0,30	2,40	2,25	0,75	0,30
69-74	0,136	%	0,036	0,021	0,050	0,024	0,007	0,010
		мг-экв	0,60	0,60	1,05	1,20	0,60	0,45
90-95	1,100	%	0,043	0,024	0,720	0,126	0,085	0,071
		мг-экв	0,70	0,70	15,00	6,30	7,00	3,10
123-128	0,456	%	0,043	0,021	0,268	0,064	0,018	0,050
		мг-экв	0,70	0,60	5,60	3,20	1,50	2,20

Луговые почвы характеризуются сульфатным типом засоления с соотношением $\frac{ce}{SO_4} \sim 0,2-0,1$, для луговых орошаемых почв это отношение снижается до 0,05 (рис.2.18).

Лугово-болотные почвы приурочены к зонам выклинивания грунтовых вод. Вследствие постоянного переувлажнения весь профиль лугово-болотных почв окрашен закисными соединениями железа в характерный зеленовато-сизый цвет. Гумусовый горизонт лугово-болотных почв имеет довольно большую мощность, от 30 до 50 см. Содержание гумуса сильно варьирует от 0,6 до 7,9% в зависимости от продукции биомассы растительных сообществ которые дифференцируются по видовому составу в связи с различной степенью засоления почв /63/. Так, на более засоленных участках с высокоминерализованными водами развиты разнотравно-свиноевые сообщества (*из Cyrodon dactylop, glycyrrhiza glabra, Limonium tolepis*), которые способны образовывать дернину, но не могут давать больших запасов органического вещества. Для менее засоленных участков с пресными грунтовыми водами характерен тростник (*Phragmites communis*), образующий мощные заросли и при отмирании накапливающий значительные массы органики в виде торфа.

Признаки омергеливания луговоболотных почв отсутствуют. Содержание легкорастворимых солей в верхнем горизонте составляет от 0,1-0,2% (для незасоленных и слабозасоленных лугово-болотных почв) до 1,9-2,1% (для засоленных лугово-болотных почв) (табл. 2.II).

Таблица 2.II.

Результаты химического анализа водной вытяжки из засоленной лугово-болотной почвы (по П.Д.Гуськову, 1964)

Глубина взятия образца, см	Плотн. оста- ток, %	Едини- цы изме- нения	Анионы			Катионы			
			HCO_3^-	ce^-	SO_4^-	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		%	0,02	0,03	1,16	0,27	0,03	0,21	

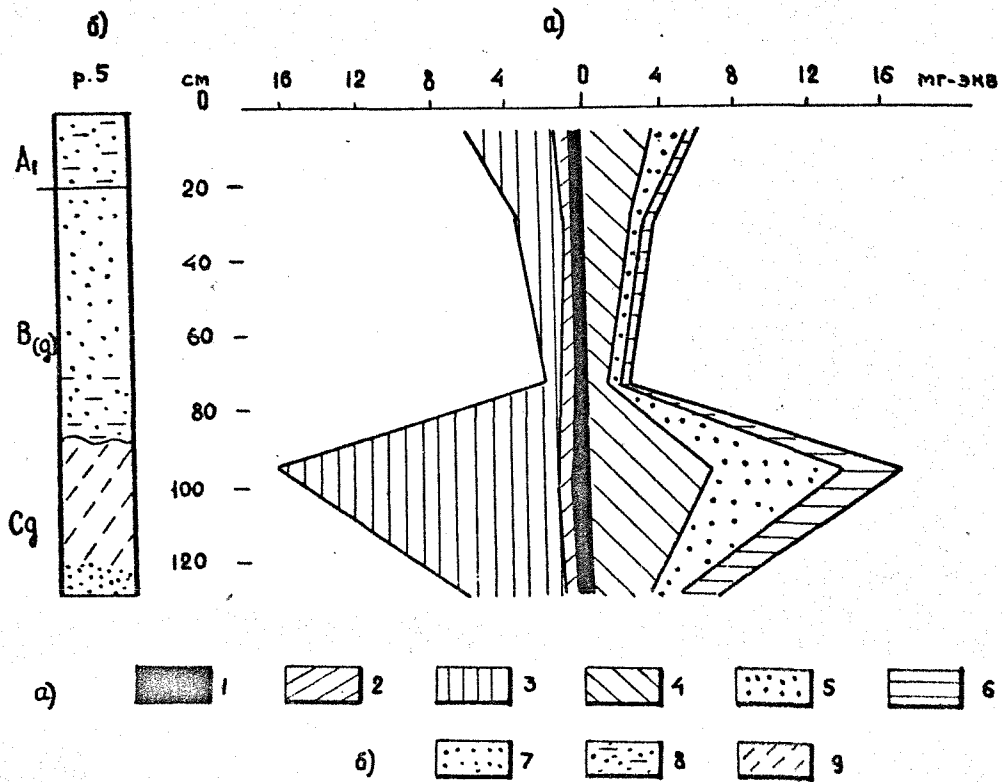


Рис. 2.18. Распределение ионов легкорастворимых солей по профилю луговой орошаемой почвы (разрез 5)

а) 1 - HCO_3^- ; 2 - Cl^- ; 3 - SO_4^{--} ; 4 - Ca^{++} ; 5 - Mg^{++} ; 6 - $\text{Na}^+ + \text{K}^+$;
 б) почвенный разрез с указанием литологического состава рыхлых отложений: 7 - пески рыхлые; 8 - пески связные; 9 - супеси

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Окончание таблицы 2.11.

I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6	!	7	!	8	!	9
0-4	I,88		МГ-ЭКВ	0,33	0,85	24,17	13,50	2,50	9,35							
			%	0,01	0,01	0,88	0,27	0,04	0,06							
23-27	I,39		МГ-ЭКВ	0,16	0,28	18,33	13,50	3,33	1,94							
			%	0,02	0,02	0,96	0,26	0,03	0,11							
44-48	I,57		МГ-ЭКВ	0,33	0,56	20,00	13,00	2,50	5,39							
			%	0,02	0,01	0,19	0,04	0,01	0,04							
80-100	0,33		МГ-ЭКВ	0,33	0,28	3,96	2,00	0,83	1,74							

Лугово-болотные почвы, наряду с сероземами и серо-бурыми почвами, имеют сульфатный тип засоления, отношение $\frac{СЕ}{SO_4}$ в горизонтах максимального соленакпления не превышает 0,01-0,03 (рис. 2.19а).

Болотные почвы имеют ограниченное распространение, они приурочены к локальным западинам с уровнем грунтовых вод в 35-50 см от поверхности. Содержание гумуса в горизонте A_1 мощностью 10-12 см не превышает 1,4%. Ниже, до глубины 20-30 см, расположен глеевый горизонт B_g , неоднородно окрашенный, с сизыми и охристо-ржавыми пятнами, переходящий в постоянно переувлажненный с зеленовато-сизым оттенком горизонт C_g . Все болотные почвы, расположенные вне зоны орошения, сильно засолены, содержание легкорастворимых солей в гумусовом горизонте достигает 0,7% (табл. 2.12).

Таблица 2.12.

Результаты химического анализа водной вытяжки из засоленной болотной почвы (по П.Д.Гуськову, 1964)

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взят. инв. №:

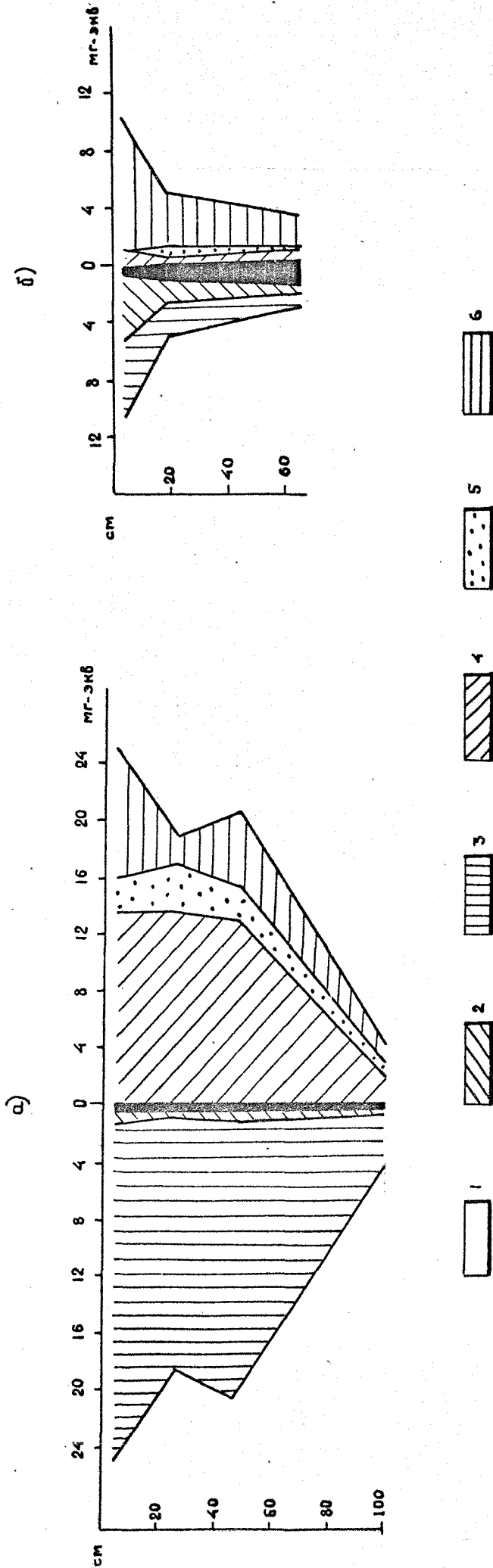


Рис. 2.19. Распределение ионов легкорастворимых солей по профилю лугово-болотной засоленной (а) и болотной (б) почвы (по Р.А. Гуськову, 1964)

1 - HCO_3^- ; 2 - Cl^- ; 3 - SO_4^{2-} ; 4 - Ca^{2+} ; 5 - Mg^{2+} ; 6 - $\text{Na}^+ + \text{K}^+$

Глубина взятия пробы, см	Плотный остаток, %	Единицы измерения	Анионы			Катионы		
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$
0-10	0,72	%	0,04	0,16	0,27	0,02	-	0,22
		мг-экв	0,65	4,51	5,63	1,00	-	9,79
15-25	0,37	%	0,07	0,07	0,13	0,01	0,02	0,08
		мг-экв	1,15	1,97	2,71	0,50	1,67	3,66
60-70	0,29	%	0,09	0,02	0,09	0,02	0,001	0,08
		мг-экв	1,47	0,56	1,87	1,00	0,08	2,82

Тип засоления болотных почв - хлоридно-сульфатный при соотношении $\frac{\text{Cl}}{\text{SO}_4} \sim 0,7-0,8$ (рис. 2.196).

Солончаки занимают 1/3 часть площади слабонаклонной территории Камыш-Курганской межгорной впадины. В ряду гидроморфных почв аридной зоны солончаки являются почвами с ярко выраженным процессом накопления легкорастворимых солей у поверхности из грунтовых вод вследствие испарительной концентрации. Иными словами, солончаки - одна из форм проявления испарительного геохимического барьера на земной поверхности с неглубоко залегающими грунтовыми водами.

Для Камыш-Курганской межгорной впадины характерно преобладающее распространение луговых сульфатно-натриевых ("пухлых") солончаков, в которых луговые процессы почвообразования затушевываются интенсивным соленакоплением. Луговые солончаки с поверхности имеют тонкую (до 2-х мм), но плотную солевую корку, под которой залегает белесовато-серый пухлый солевой горизонт мощностью от 2 до 20 см. Ниже, до глубины 80-100 см, следует уплотненный тонкопористый горизонт C , изобилующий карбонатами, которые встречаются либо рассеянными в виде мучнистых пятен белоглазки в почвенной толще, либо в виде конкреций размером 0,5-1,5 см. В нижней своей части вблизи уровня грунтовых вод горизонт C оглеен, о периодической смене окислительно-

восстановительных условий свидетельствует его окраска, которая становится неоднородной, сизовато-охристой, появляются многочисленные железо-марганцевые конкреции, комковатые структурные отдельности почвы покрываются глянцевыми глинисто-железистыми пленками.

Луговые солончаки Камыш-Курганской межгорной впадины по типу засоления подразделяются на хлоридные, сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные и сульфатные (табл. 2.13). Преобладает сульфатный тип засоления (рис. 2.20).

Таблица 2.13.

Результаты химического анализа водной вытяжки из сульфатного солончака (данные лаборатории Ленинабадской партии ТКИЭ института "Союзгипроводхоз", 1979)

Глубина взятия образца, см	Плот- ный ос- таток, %	Единицы измере- ния	Анионы			Катионы		
			HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-5	4,168	%	0,109	0,028	2,678	0,132	0,062	1,074
		МГ-ЭКВ	1,80	0,80	55,80	6,60	5,10	46,70
5-10	4,256	%	0,079	0,355	2,438	0,114	0,069	1,166
		МГ-ЭКВ	1,30	10,00	50,80	5,70	5,70	50,70
10-20	2,694	%	0,043	0,385	1,358	0,098	0,074	0,667
		МГ-ЭКВ	0,70	11,00	28,30	4,90	6,10	29,00
25-35	3,180	%	0,061	0,595	1,387	0,086	0,023	0,936
		МГ-ЭКВ	1,00	17,00	28,90	4,30	1,90	40,70
40-50	1,776	%	0,048	0,367	0,720	0,038	0,002	0,557
		МГ-ЭКВ	0,80	10,50	15,00	1,90	0,20	24,20
70-80	1,166	%	0,055	0,185	0,518	0,024	0,001	0,361
		МГ-ЭКВ	0,90	5,30	10,80	1,20	0,10	15,70

Шифр № подл.	Почва и дата	Взят. шифр №

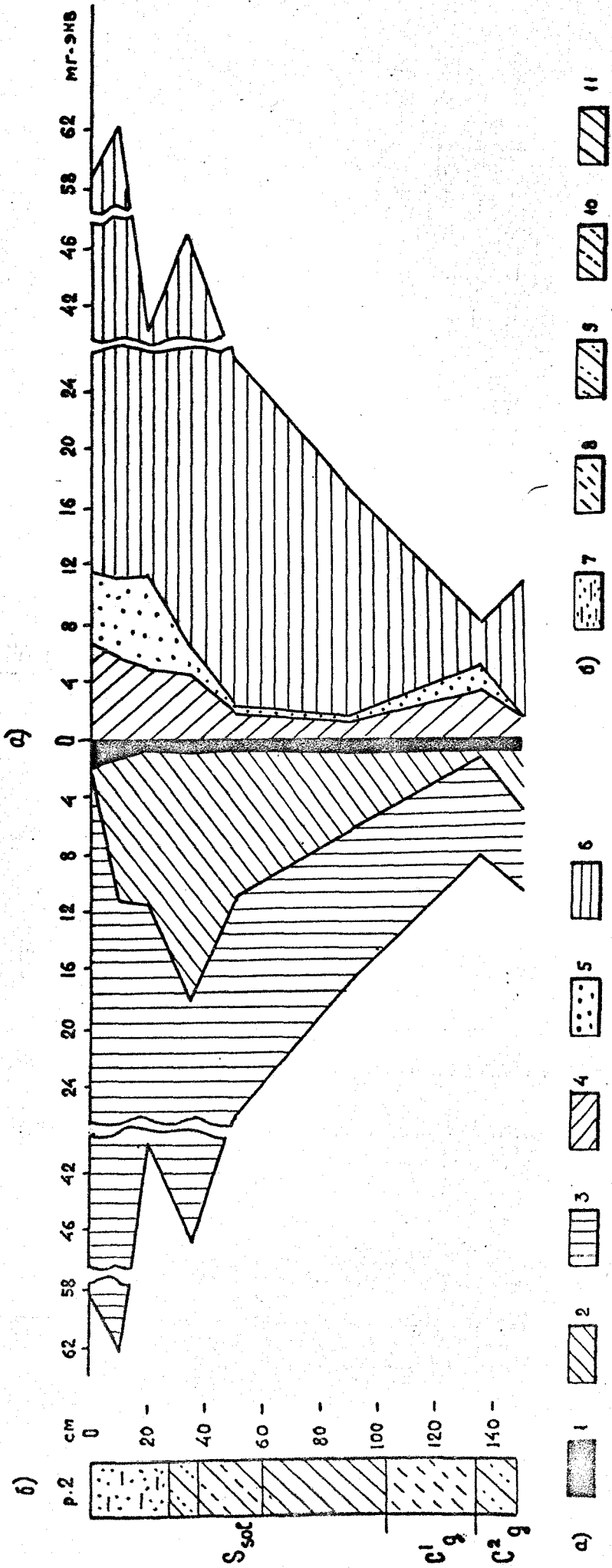


Рис. 2.20. Распределение ионов легкорастворимых солей по профилю сульфатного солончана (разрез №2)

- а) 1 - HCO_3^- ; 2 - Cl^- ; 3 - SO_4^{2-} ; 4 - Ca^{++} ; 5 - Mg^{++} ; 6 - $\text{Na}^+ + \text{K}^+$
 б) почвенный разрез с указанием литологического состава рыхлых отложений: 7 - лесни суглинки; 8 - супеси; 9 - лесные суглинки; 10 - средние суглинки; 11 - тяжелые суглинки

Окончание таблицы 2.13.

I	!	2	!	3	!	4	!	5	!	6	!	7	!	8	!	9
II5-I25	0,550			%	0,055	0,021	0,321	0,068	0,017	0,078						
		мг-экв		0,90	0,60	6,70	3,40	1,40	3,40							
I40-I50	0,736			%	0,055	0,147	0,283	0,030	-	0,218						
		мг-экв		0,90	4,20	5,90	1,50	-	9,50							

Содержание гумуса в солончаках также, как и в лугово-болотных почвах, находится в тесной зависимости от степени засоления почв. Так, в хлоридных солончаках оно равно 0,4-0,5%, а в сульфатных возрастает в три раза (1,5%).

Рассмотренная выше структура почвенного покрова Кураминского хребта и сопряженной с ним Камыш-Курганской межгорной впадины отражает закономерность сменяющихся вниз по рельефу почвенных вертикальных зон от горных коричневых типичных, светло-коричневых и лугово-степных среднегорного пояса к равнинным зональным сероземам и далее к засоленным почвам гидроморфного ряда. Возникновение разорванного ареала светлых сероземов, вызванное появлением серо-бурых почв в пределах средней и периферийной частей конусов выноса, связано с утепляющим эффектом пролювиальных валунно-щебнистых отложений в результате которого почвообразовательный процесс протекает по более южному типу.

Солевые аккумуляции, сосредоточенные в пределах иллювиальных горизонтов сероземов и серо-бурых почв имеют сульфатно-кальциево-магниевый состав. По соотношению ионов $\frac{Ca}{SO_4}$ в водной вытяжке из горизонтов с максимумом соленакопления ($CaSO_4$) данные почвы характеризуются сульфатным типом засоления. В целом, сульфатный тип засоления характерен и для подавляющего большинства почв гидроморфного ряда Камыш-Курганской межгорной впадины.

Ландшафтные пояса и зоны

Изучаемая территория в физико-географическом отношении принадлежит к Ферганскому округу, входящему в состав Туранской физико-географической провинции. Последняя представляет собой обособленный крайний северный отрезок субтропической климатической и ландшафтной зоны северного полушария /9/. На основании анализа всех природных факторов дифференциации геохимических ландшафтов нами составлена схематическая ландшафтно-геохимическая карта Северо-Западной Ферганы (рис. 2.21). В связи с тем, что основная миграция легкорастворимых солей в каскадной ландшафтно-геохимической системе Северо-Западной Ферганы осуществляется с подземными водами, на карте выделены три класса геохимических ландшафтов по содержанию типоморфных элементов и ионов водной миграции: а) карбонатный (Ca^{++}) в автономных элювиальных и трансэлювиальных ландшафтах; б) гипсовый ($Ca^{++}-SO_4^{--}$) в трансэлювиально-аккумулятивных ландшафтах; в) соленосно-сульфидный (Na^+, SO_4^{--}, H_2S) в трансупераквальных и трансупераквально-аккумулятивных ландшафтах.

Предгорный пустынно-степной и сухостепной пояс занимает здесь около 86,2% площади, на долю среднегорного лесо-луговостепного пояса приходится всего 13,8%. Самые высокие позиции на отметках более 2000 м занимают автономные элювиальные ландшафты (A^3) плоских выравненных водораздельных плато с остепненными арчевниками и типчаковниками на коричневых почвах в комплексе с горно-степными. Трансэлювиальные геохимически подчиненные ландшафты среднегорного лесо-луговостепного пояса на высотах 1500-2000 м занимают крутые глубокорасчлененные скалистые склоны Кураминского хребта и V-образных горных речных долин с остепненными арчевниками, типчаковыми степями и полусаваннами на горных светло-коричневых и лугово-степных почвах (T^3). На отметках 1000-1500 м их сменяют ландшафты

СХЕМАТИЧЕСКАЯ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КАРТА СЕВЕР-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ

Составлено автором по материалам Сербини, Г. Г. Урало-Алтайские горы. Ташкент, 1972.
Масштаб 1:200 000



АНДШАФТНОЕ ЗВЯНО	АБСОЛЮТНАЯ ВЫСОТА	КЛАСС ЛАНДШАФТА	ИНДЕКС ЛАНДШАФТА	ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
ТРАНСФЕРМАЦИОННОЕ	> 2000	горный (Ca ²⁺)	A ²	Морозильные ландшафты восточных Фераганских гор, восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	1500-2000		T ²¹	Трансформационные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	1000-1500		T ²²	Трансформационные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	400-1000		T ²³	Трансформационные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
ТРАНСФОРМАЦИОННО-АНТИЦИКЛОНАЛЬНОЕ	800-1000	горный (Ca ²⁺ - 30%)	T ²⁴	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	600-800		T ²⁵	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	500-600		T ²⁶	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	400-500		T ²⁷	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
МОЕ И ТРАНСФОРМАЦИОННО-АНТИЦИКЛОНАЛЬНОЕ	400-500	горный (Ca ²⁺ - 30%)	S ²⁸	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	300-400		S ²⁹	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	200-300		S ³⁰	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.
	100-200		S ³¹	Трансформационно-антициклональные ландшафты восточных склонов и плато. Характерны: высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность, высокие температуры, жаркое лето, малое количество осадков, высокая влажность.

Виды геохимических ландшафтов по геологическим формациям

1 - граниты; 2 - гранитоиды; 3 - гнейсы; 4 - базальты; 5 - базальтоиды; 6 - базальты; 7 - базальты; 8 - базальты; 9 - базальты; 10 - базальты; 11 - базальты; 12 - базальты; 13 - базальты; 14 - базальты; 15 - базальты; 16 - базальты; 17 - базальты; 18 - базальты; 19 - базальты; 20 - базальты; 21 - базальты; 22 - базальты; 23 - базальты; 24 - базальты; 25 - базальты; 26 - базальты; 27 - базальты; 28 - базальты; 29 - базальты; 30 - базальты; 31 - базальты.

а) геологические формации: 1 - граниты; 2 - гранитоиды; 3 - гнейсы; 4 - базальты; 5 - базальтоиды; 6 - базальты; 7 - базальты; 8 - базальты; 9 - базальты; 10 - базальты; 11 - базальты; 12 - базальты; 13 - базальты; 14 - базальты; 15 - базальты; 16 - базальты; 17 - базальты; 18 - базальты; 19 - базальты; 20 - базальты; 21 - базальты; 22 - базальты; 23 - базальты; 24 - базальты; 25 - базальты; 26 - базальты; 27 - базальты; 28 - базальты; 29 - базальты; 30 - базальты; 31 - базальты.

б) геоморфологические формации: 1 - граниты; 2 - гранитоиды; 3 - гнейсы; 4 - базальты; 5 - базальтоиды; 6 - базальты; 7 - базальты; 8 - базальты; 9 - базальты; 10 - базальты; 11 - базальты; 12 - базальты; 13 - базальты; 14 - базальты; 15 - базальты; 16 - базальты; 17 - базальты; 18 - базальты; 19 - базальты; 20 - базальты; 21 - базальты; 22 - базальты; 23 - базальты; 24 - базальты; 25 - базальты; 26 - базальты; 27 - базальты; 28 - базальты; 29 - базальты; 30 - базальты; 31 - базальты.

Рис. 2.21

ксерофильного редколесья (шибляк) на темных сероземах ($T^{\varepsilon 2}$). Темные сероземы распространены также в пределах трансэлювиально-аккумулятивных ландшафтов, где они занимают верхнюю часть конусов выноса с развитыми на них полынными сообществами ($T^{\varepsilon A 1}$). В западной части территории верхняя граница пустынно-степного и сухостепного пояса поднимается до высоты 1000–1500 м. Здесь распространены трансэлювиальные геохимически подчиненные ландшафты крутых склонов и V - образных горных речных долин с сероземами светлыми и сероземами типичными под сообществом полыней и галофитных полукустарников ($T^{\varepsilon 3}$).

На отметках 800–1000 м, где уровень грунтовых вод залегает глубже 100 м, начинается полоса предгорных конусов выноса. Верхние части их до высоты 600 м занимают трансэлювиально-аккумулятивные геохимически подчиненные ландшафты с сероземами светлыми и сероземами типичными под солянково-полынными сообществами ($T^{\varepsilon A 2}$), сменяющиеся книзу до отметки 450–500 м ландшафтами полукустарничковых пустынь с серо-бурыми почвами ($T^{\varepsilon A 3}$).

В пределах северной окраины слабонаклонной озерно-пролювиальной равнины с уровнем залегания грунтовых вод глубже 3,0 м распространены трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты сухих степей со светлыми сероземами в комплексе с лугово-сероземными и староорошаемыми почвами сероземного типа ($T^{\varepsilon A 4}$). К центру Камыш-Курганской межгорной впадины они сменяются трансупераквально-аккумулятивными сильно засоленными пустынно-степными ландшафтами с солончаками, лугово-болотными и болотными почвами под растительными сообществами аджерека и сарсазанника с галофитными кустарниками и полукустарничками ($Saq^{TA 1}$). К числу трансупераквальных и трансупераквально-аккумулятивных ландшафтов относятся также ландшафты пойм горных рек (Saq^T) с комплексом аллювиально-луговых, луговых и лугово-болотных почв под мезофильной растительностью и поймы р.Сыр-Дарьи

(Сағ^{ТА²}) с широко развитыми солончаками под сообществом аджерака и сарсазанника.

На юге Камыш-Курганской межгорной впадины ограниченное развитие получили трансэлювиальные ландшафты пологих склонов адырных гряд (ТЭ⁴) с фрагментарными каменистыми почвами под разреженной галофитной растительностью.

Выводы.

1. Тектоническое строение Северо-Западной Ферганы предопределило миграцию легкорастворимых солей в пределах каскадной ландшафтно-геохимической системы (КЛГС), базовыми структурными единицами (каркасом) которой послужили три главные морфоструктуры, гипсометрически сопряженные между собой: Кураминский хребет (элювиальная ступень КЛГС), предгорные конусы выноса (транзитная ступень КЛГС) и Камыш-Курганская межгорная впадина (аккумулятивная ступень КЛГС).

2. Прогрессирующая с конца мезозоя сухость климата способствовала закреплению легкорастворимых солей в современных ландшафтах подгорных равнин в виде иллювиальных карбонатных и гипсовых горизонтов в сероземах и серо-бурых почвах, а также возникновению испарительного геохимического барьера на территории Камыш-Курганской межгорной впадины с неглубоким залеганием уровня грунтовых вод.

3. Миграция легкорастворимых солей в пределах КЛГС осуществляется, в основном, водным путем с подземным стоком, формирующимся в результате инфильтрации речных вод в рыхлообломочные отложения предгорных конусов выноса.

4. Полузамкнутость малого артезианского бассейна, которым в структурно-гидрогеологическом отношении является Камыш-Курганская межгорная впадина, затрудняет свободный отток подземных вод в долину р.Сыр-Дарьи, поэтому транспортируемые подземными водами легкорастворимые соли постепенно накапливаются в пределах аккумулятивной ступени КЛГС.

Глава 3. МЕТОДИКА ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Миграция легкорастворимых солей в аридных ландшафтах Северо-Западной Ферганы рассмотрена в тесной связи со стоком, почвами и водовмещающими породами с учетом палеогеографической обстановки и соленакопления в рыхлых четвертичных отложениях, выполняющих Камыш-Курганскую межгорную впадину. На основании анализа всех факторов ландшафтно-геохимической дифференциации и согласно теоретическим положениям, выдвинутым М.А.Глазовской /26, с.13/ о том, что "изучение той или иной территории надо начинать с построения логических моделей, отражающих структуру ландшафтно-геохимических систем и входящих в их состав подсистем (до уровней элементарного ландшафта и его компонентов)", автор рассматривает Северо-Западную Фергану как сложно построенную каскадную ландшафтно-геохимическую систему, относящуюся к типу арен, в пределах аккумулятивной ступени которой происходит концентрирование легкорастворимых солей, поступающих водным путем со стороны Кураминского хребта.

В качестве показателя направленности процессов рассеивания или концентрации химических элементов в каскадных ландшафтно-геохимических системах автором предложен каскадный коэффициент геохимического стока σ , представляющий собой соотношение модулей выноса и аккумуляции легкорастворимых солей соответственно элювиальной и аккумулятивной ступеней каскада:

$$\sigma = \frac{\mu_1}{\mu_2}, \text{ где}$$

μ_1 - результирующий модуль аккумуляции легкорастворимых солей,

т/км² в год;

M_2 — модуль выноса легкорастворимых солей, т/км² в год.

В системах концентрации (аренах) каскадный коэффициент геохимического стока, естественно, превышает единицу ($\sigma > 1$), в системах рассеивания — $\sigma < 1$. Коэффициент σ учитывает геологические, тектонические и климатические факторы формирования геохимического стока, поскольку в его расчет входят такие производные названных факторов как морфоструктура, расход и химический состав подземных и поверхностных вод.

Предварительное изучение фондовых материалов (геологическая, геоморфологическая, почвенная, гидрогеологическая карты масштаба I : 25 000 и I : 50 000) позволило наметить наиболее типичные в литологическом отношении участки заложения ландшафтно-геохимических профилей от периферии предгорных конусов выноса к центральной, наиболее пониженной, части Камыш-Курганской межгорной впадины, отграниченной от р.Сыр-Дарьи невысокой грядой Супе-Тау. По пути движения потока от области питания к области разгрузки заложено три геолого-геохимических профиля, секущие нижнюю (аккумулятивную) ступень каскада. На каждом профиле пробурено по 6-7 скважин. Отметим, что изучение соленакопления в рыхлых четвертичных отложениях и подземных водах транзитной ступени каскада не проводилось в связи со значительной глубиной залегания подземных вод (более 150 м). Глубина заложения скважин (от 40 до 150 м) predetermined гидрогеохимическим опробованием двух вертикальных гидродинамических зон: верхней зоны активного водообмена поверхностных и подземных вод и нижней зоны затрудненного водообмена, границей которых является линия местного эрозионного вреза /69/. По разности абсолютных отметок уровней подземных вод в скважинах геолого-геохимических профилей и уреза р.Сыр-Дарьи мощность зоны активного водообмена аккумулятивной ступени каскада составляет 70-90 м.

Из скважин профилей отобраны образцы почв и рыхлых отложений на определение содержания в них легкорастворимых солей и изучение гранулометрического состава каждой литологической разности; из верхнего слоя почв и материнских пород отбор проведен на глубинах от 0,0 м до 3,0 м с интервалом 0,5 м, на глубинах от 3,0 м до 5,0 м — через 1,0 м. По общепринятой методике стандартного анализа водной вытяжки определено содержание плотного остатка (в % на 100 г образца) и ионов HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{--} , Ca^{++} , Mg^{++} и $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ по разности. В каждой скважине взяты пробы воды из водоносных горизонтов для определения её минерализации и макрокомпонентного состава (стандартный типовой анализ).

Применение методов математической статистики для обработки данных анализов водных вытяжек позволило определить местные кларки содержания солей в почво-грунтах КЛГС Северо-Западной Ферганы. Согласно И.С.Комарова /37/, объединение природных объектов в статистические совокупности основано на учете классификационных признаков, которыми должен обладать каждый из входящих в совокупность объектов; в нашем случае таковыми являются рыхлые четвертичные отложения одного генезиса, например: аллювиально-пролювиальные отложения временных водотоков, озерно-пролювиальные суглинки и глины. Поскольку объем отдельной выборки невелик ($10 < n < 25$), проверка принадлежности экстремальных значений проведена с использованием в качестве меры рассеяния размаха R , с предварительным расположением всех значений случайной величины в один упорядоченный ряд: $x_1, x_2 \dots x_n$ и вычислением значения критерия \mathcal{R}_i для проверяемых величин по таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Критерии для исключения экстремальных значений по величине размаха R (по И.С.Комарову, 1972)

Окончание таблицы 3.1.

Число опреде- лений,	Уровни значимости		Критерий \mathcal{L}_i	Число опреде- лений	Уровни значимости		Кри- терий, \mathcal{L}_i
	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$			$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	
3	0,886	0,941		14	0,492	0,546	
4	0,679	0,765		15	0,472	0,616	
5	0,557	0,642	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_n}$	16	0,454	0,595	
6	0,482	0,560		17	0,438	0,577	
7	0,434	0,507		18	0,424	0,561	
8	0,479	0,554		19	0,412	0,547	
9	0,441	0,512	$\frac{x_1 - x_2}{x_1 - x_{n-1}}$	20	0,401	0,535	$\frac{x_1 - x_3}{x_1 - x_{n-2}}$
10	0,409	0,477		21	0,391	0,524	
11	0,517	0,576		22	0,382	0,514	
12	0,490	0,546	$\frac{x_1 - x_3}{x_1 - x_{n-1}}$	23	0,374	0,505	
13	0,467	0,521		24	0,367	0,497	
				25	0,360	0,489	

Если полученный результат превышает табличный (\mathcal{L}_i), то проверяемая случайная величина является промахом и исключается из данной совокупности. При оценке соответствия эмпирического распределения нормальному применен вероятностный трафарет, предложенный Н.К.Разумовским, в интервалах значений y_i^{\sim} от 10% до 90%, где точки должны аппроксимироваться прямой линией /37/. Убедившись, что выборочная совокупность после удаления промахов подчиняется закону нормального распределения, находим её среднее арифметическое значение, которое и служит величиной местного кларка плотного остатка для определенной литологической разности рыхлых четвертичных отложений изучаемой территории.

В пределах аккумулятивной ступени КЛГС Северо-Западной Ферганы, где грунтовые воды залегают на глубинах 1,5-2,0 м и интенсивно проявляется действие испарительного геохимического барьера, на опытном ключевом участке площадью 100 га пробурено 22 скважины глубиной

5,0 м каждая по квадратной сетке с шагом 200 x 200 м с целью изучения соленакпления в почвах и грунтовых водах. В скважинах отобраны пробы воды и почво-грунтов через 0,5 м (до глубины 3,0 м) и через 1,0 м (до глубины 5,0 м).

Солевая дифференциация в почвах транзитной и аккумулятивной ступеней каскада исследована с помощью заложения почвенно-геохимического профиля, который характеризует смену типов почв от сероземов хрящеватых средних частей конусов выноса через серо-бурые почвы на их периферии к лугово-сероземным почвам и солончакам слабо-наклонной озерно-пролювиальной равнины. Отобраны почвенные образцы из генетических горизонтов на определение плотного остатка и отдельных ионов, а также гранулометрического состава каждой литологической разности. Для наглядного представления о процессах перераспределения легкорастворимых солей по профилю почв и вниз по уклону местности автор воспользовался графиками солевой дифференциации, построенными по методике, предложенной В.Р.Волобуевым /18/, суть которой заключается в следующем: на оси ординат вынесены данные по общему содержанию солей в почвах с указанием глубины опробования, на оси абсцисс на равных расстояниях друг от друга расположены точки, маркирующие почвенные разрезы в той последовательности, в которой они расположены вниз по уклону местности; после чего проводятся линии равного содержания плотного остатка (изоконцентрации).

Анализ проб рыхлых отложений, грунтовых и напорных вод выполнен химической лабораторией Ленинабадской партии ТКИЭ института "Союзгипроводхоз" (аналитики В.Д.Шугурова и О.Н.Поколева). Всего проанализировано 485 проб почво-грунтов и 53 пробы воды.

Миграция легкорастворимых солей воздушным путем изучена автором с помощью специально оборудованной площадки, установленной на опытном ключевом участке. Площадка представляла собой деревянную

раму с размером внутреннего квадрата $I \times I \text{ м}^2$, на которую была натянута полиэтиленовая пленка, предварительно промытая дистиллированной водой и покрытая тонким слоем 100% раствора глицерина. Продолжительность опыта составила 42 суток (с 18/УП по 29/УШ-78г.), в течение которых пленка с фиксированной на ней пылью 4 раза (с периодами от 7 до 18 дней) извлекалась и заменялась на новую. Каждая пленка с пылью была тщательно промыта дистиллированной водой и полученный фильтрат проанализирован автором по методике стандартного анализа водной вытяжки с определением щелочей по разности.

Сведения о химическом составе поверхностных и подземных вод, а также интересующие нас статьи водного баланса изучаемой территории, которые характеризуют геохимический сток в пределах КЛТС Северо-Западной Ферганы, заимствованы из литературных и фондовых источников. Объемы выполненных полевых и аналитических работ сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2.

Сводная ведомость фактического материала,
собранного автором на объекте "Большой Ашт"
в 1977-79 гг.

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Для каких целей использован фактический материал (виды анализов, методические приемы)
1	2	3	4	5
1.	Скважины геолого-геохимических профилей	шт. п.м.	18 996	Геолого-литологические разрезы через аккумулятивную ступень КЛТС (колонковое бурение с помощью установки УРБ-ЗАМ)
2.	Образцы почв и рыхлых отложений из скважин геолого-геохимических профилей	шт.	283	Изучение региональной засоленности рыхлых четвертичных отложений: а) составление региональных солевых разрезов; б) местные кларки легкорастворимых солей для каждой литологической разности пород

Окончание таблицы 3.2.

1	2	3	4	5
				(гранулометрический состав рыхлых отложений, водная вытяжка, статистическая обработка данных)
3.	Пробы грунтовых и напорных подземных вод из скважин геолого-геохимических профилей	шт.	33	Содержание легкорастворимых солей в грунтовых и напорных подземных водах (стандартный анализ воды)
4.	Образцы почв и рыхлых отложений из 22-х скважин на опытном ключевом участке	шт.	160	Типы соленакопления в верхних горизонтах почв аккумулятивной ступени КЛГС (водная вытяжка, графики зависимости содержания ионов от плотного остатка)
5.	Пробы грунтовых вод из скважин на опытном ключевом участке	шт.	20	Типы соленакопления в грунтовых водах аккумулятивной ступени КЛГС (стандартный анализ воды, графики зависимости содержания ионов от минерализации грунтовых вод)
6.	Почвенно-геохимический профиль через транзитную и аккумулятивную ступени КЛГС	разрез	7	Изучение соленакопления в геохимически сопряженном ряду почв транзитной и аккумулятивной ступени КЛГС (график солевой дифференциации в почвах)
7.	Образцы почв из разрезов	шт.	42	Характер соленакопления в почвах транзитной и аккумулятивной ступеней КЛГС (водная вытяжка)
8.	Эксперимент по эоловому переносу легкорастворимых солей	опыт	4	Количественный и качественный учет поступления солей из атмосферы (фиксация переносимой ветром пыли на специально оборудованной площадке)

Глава 4. СОЛЕНАКОПЛЕНИЕ В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ
ФЕРГАНЫ

Водная миграция легкорастворимых солей в пределах каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы осуществляется в двух главных направлениях: от водораздела Кураминского хребта вниз по уклону местности к региональному базису эрозии — р.Сыр-Дарье и в вертикальном, снизу вверх, в толще озерно-пролювиальных отложений Камыш-Курганской межгорной впадины под действием сил гидростатического напора, создавшегося в водоносных горизонтах вследствие затрудненности оттока подземных вод. Ввиду широкого распространения напорных вод в пределах впадины все четвертичные отложения оказываются в сфере их воздействия. Метаморфизованные толщи пород на контакте с подземными водами получили название подзон катагенеза /54/.

Миграция легкорастворимых солей в
подземных водах

По своему исходному химическому составу подземные воды, поступающие в Камыш-Курганскую межгорную впадину со стороны Кураминского хребта, являются гидрокарбонатно-кальциевыми с минерализацией 0,3-0,4 г/л /57/. Двигаясь к центру впадины, подземные воды фильтруются сквозь толщу рыхлых пролювиальных отложений конусов выноса и выходят на озерно-пролювиальную равнину в сферу действия испарительного геохимического барьера. При этом происходит изменение их химического состава от гидрокарбонатно-кальцевого до сульф-

сульфатно-хлоридно-натриевого согласно схеме последовательности выпадения соединений из почвенно-грунтовых вод при их испарении и миграции, разработанной В.А.Ковдой /34/. Изменение химического состава подземных вод транзитной и аккумулятивной ступени каскада показано на рис. 4.1. На основе анализа трансформации химического состава подземных вод по выбранным линиям поперечников I-I, II-II и III-III, которые начинаются в местах выхода горных рек в область предгорных конусов выноса и заканчиваются в пределах центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины, можно сделать вывод о том, что подземные воды транзитной ступени каскада на линии поперечника II-II (район Пангаз-сая) отличаются по своему химическому составу. Формируясь в результате инфильтрации поверхностных вод и выклинивания трещинно-жильных вод на территории водосборного бассейна Пангаз-сая, подземные воды содержат повышенное количество сульфат-иона (до 53% мг-экв при "фоне" 28-30% мг-экв), имеют сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый состав и минерализацию 0,9 г/л, в то время как для подземных вод по линиям поперечников I-I и III-III (районы Дагана-сая и Ашаба-сая соответственно) характерно преобладание гидрокарбонатно-кальциевых вод с минерализацией 0,4 г/л. Повышенное содержание иона SO_4 в подземных водах на территории водосбора Пангаз-сая, по-видимому, связано с наличием зоны окисления сульфидных руд, месторождения которых приурочены к глубинным разломам и связаны с вулканогенными породами кислого состава. Гидрокарбонатные трещинно-жильные подземные воды со значительным содержанием углекислоты, циркулирующие в зонах дроблений и разрывных нарушений Кураминского хребта, омывают рудные тела, способствуя переходу сульфидов Zn , Cu , Mo и некоторых других металлов в воднорастворимую форму. Так, если CuS практически нерастворим в воде при $20^{\circ}C$, то растворимость $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ возрастает до 31,6 г/100г при $0^{\circ}C$.

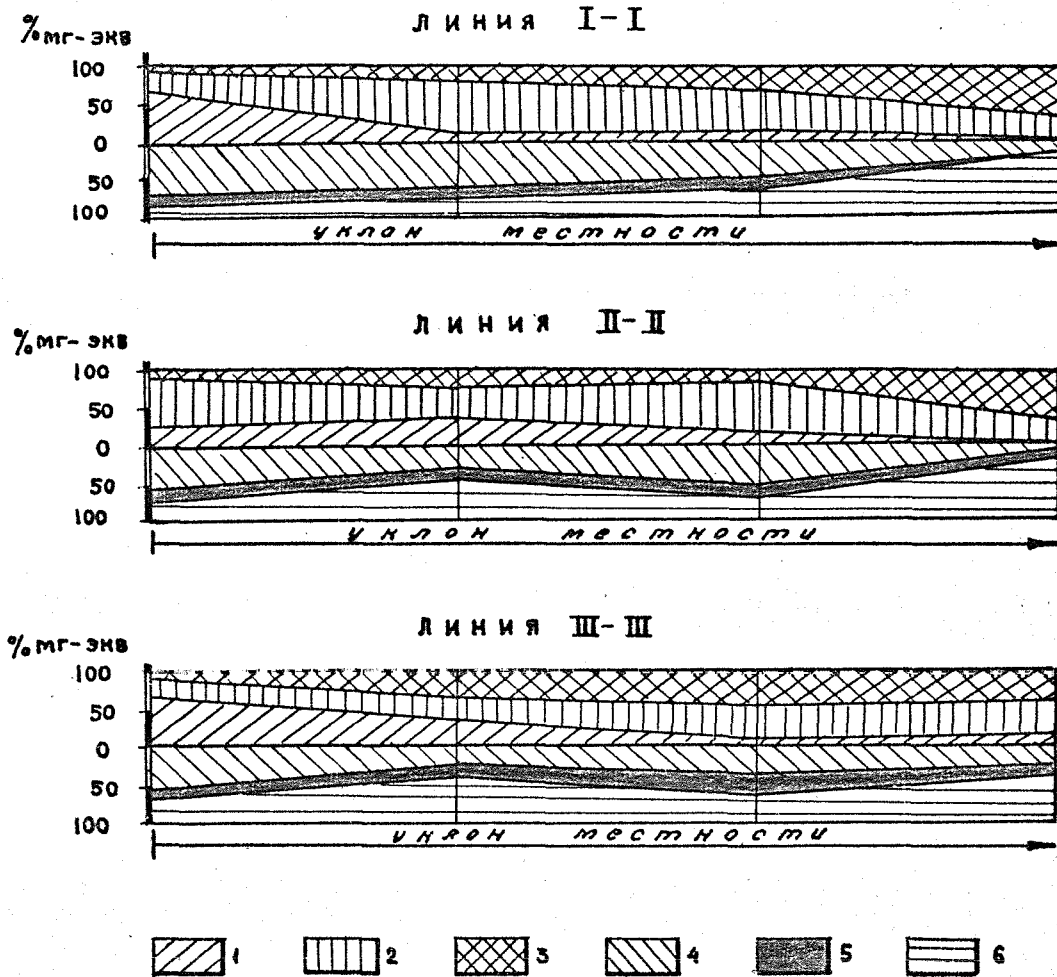


Рис. 4.1. Трансформация химического состава подземных вод в пределах транзитной и аккумулятивной ступеней КЛГС Северо-Западной Ферганы

1- HCO_3^- ; 2- SO_4^{--} ; 3- Cl^- ; 4- Ca^{++} ; 5- Mg^{++} ; 6- Na^+

Фоновое содержание Mo и Ni в поверхностных водах Кураминского хребта для Алмалыкского рудоносного района равно соответственно 8 мкг/л и 2,5 мкг/л (Ю.П.Баденков, 1970). Приводим содержание Mo и Ni в родниках, выклинивающихся на склонах водосбора Пангаз-сая (табл. 4.1.). Отбор проб воды из родников проведен Самгарской гидрогеологической партией СГГЭ /22/ летом, когда питание поверхностных водотоков осуществляется за счет подземных вод. В это время отчетливо проявляется роль водовмещающих пород в формировании химического состава подземных вод, разгружающихся на поверхности. Содержание Mo и Ni в водах родников Пангаз-сая аномальное (при "фоне" 8 мкг/л и 2,5 мкг/л) и очевидно указывает на наличие рудопроявления в этом районе.

Таблица 4.1.

Результаты опробования родников в пределах водосборной территории Пангаз-сая
(по В.С.Самариной и др., 1962)

№ п/п	Абсолютные отметки выходов родников, м	Дата отбора проб воды	Генезис водовмещающих пород	Возраст водовмещающих пород	Содержание микроэлементов, мкг/л	
					Mo	Ni
1	I540	30.07.60г	эффузивы	C_{2-3}	60	10
2	II00	29.08.60г	пролювий	$Q/\delta C_{2-3}$	60	10
3	I230	5.08.60г	пролювий	$Q/\delta C_{2-3}$	100	10
4	I045	29.08.60г	пролювий	Q/C_{2-3}	50	10

Подземные воды по мере своего движения в рыхлообломочных отложениях конусов выноса постепенно обогащаются сульфатами и состав их меняется на сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевый. В пределах аккумулятивной ступени каскада, характеризующейся слабой дренированностью и интенсивным испарением неглубоко залегающих грунтовых вод, химический состав последних становится сульфатно-хлоридно-на-

триевым. В грунтовых водах начинают преобладать сульфаты и хлориды натрия (рис. 4.2.^а и 4.3.^а). Параллельно росту содержания ионов SO_4^{--} и Cl^- , достигающего 100–110 мг-л при минерализации воды 15 г/л, идет накопление Na^+ (до 120 мг-экв). Поскольку K^+ находится в природных водах в количествах, не превышающих 4–10% от содержания Na^+ [69], то суммарная величина $Na^+ + K^+$, вычисляемая обычно по разности, принята целиком за содержание Na^+ .

Для всей территории Ферганы, согласно В.А.Ковде [34], накопление SO_4^{--} в грунтовых водах аналогичной минерализации составляет 140–150 мг-экв, а Cl^- — не превышает 45–50 мг-экв. Возрастание содержания иона Cl^- в грунтовых водах аккумулятивной ступени каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы вероятно связано со спецификой соленакопления в её пределах. В связи с полузамкнутостью системы, обуславливающей слабый отток подземных вод в р.Сыр-Дарью, наиболее подвижные в миграционном отношении ионы Cl^- накапливаются здесь. Содержание Ca^{++} и Mg^{++} слабо увеличивается по мере роста минерализации грунтовых вод с 10 мг-экв (при $M = 1$ г/л) до 25–30 мг-экв (при $M = 15$ г/л). Присутствие иона HCO_3^- в грунтовых водах постоянно на всех стадиях их минерализации и не превышает величину 10 мг-экв.

В результате статистической обработки данных химических анализов проб грунтовых вод из скважин, пробуренных на опытном ключевом участке, получен ряд соленакопления в грунтовых водах со средней минерализацией 4 г/л для аккумулятивной ступени КЛГС Северо-Западной Ферганы (содержание ионов дано в мг-экв/л):

$$\frac{Na^+}{81,6} > \frac{SO_4^{--}}{52,1} > \frac{Cl^-}{47,9} > \frac{Ca^{++}}{15,0} > \frac{Mg^{++}}{8,3} > \frac{HCO_3^-}{4,9}$$

Полученный ряд накопления легкорастворимых солей в грунтовых водах Северо-Западной Ферганы подтверждает тип соленакопления в

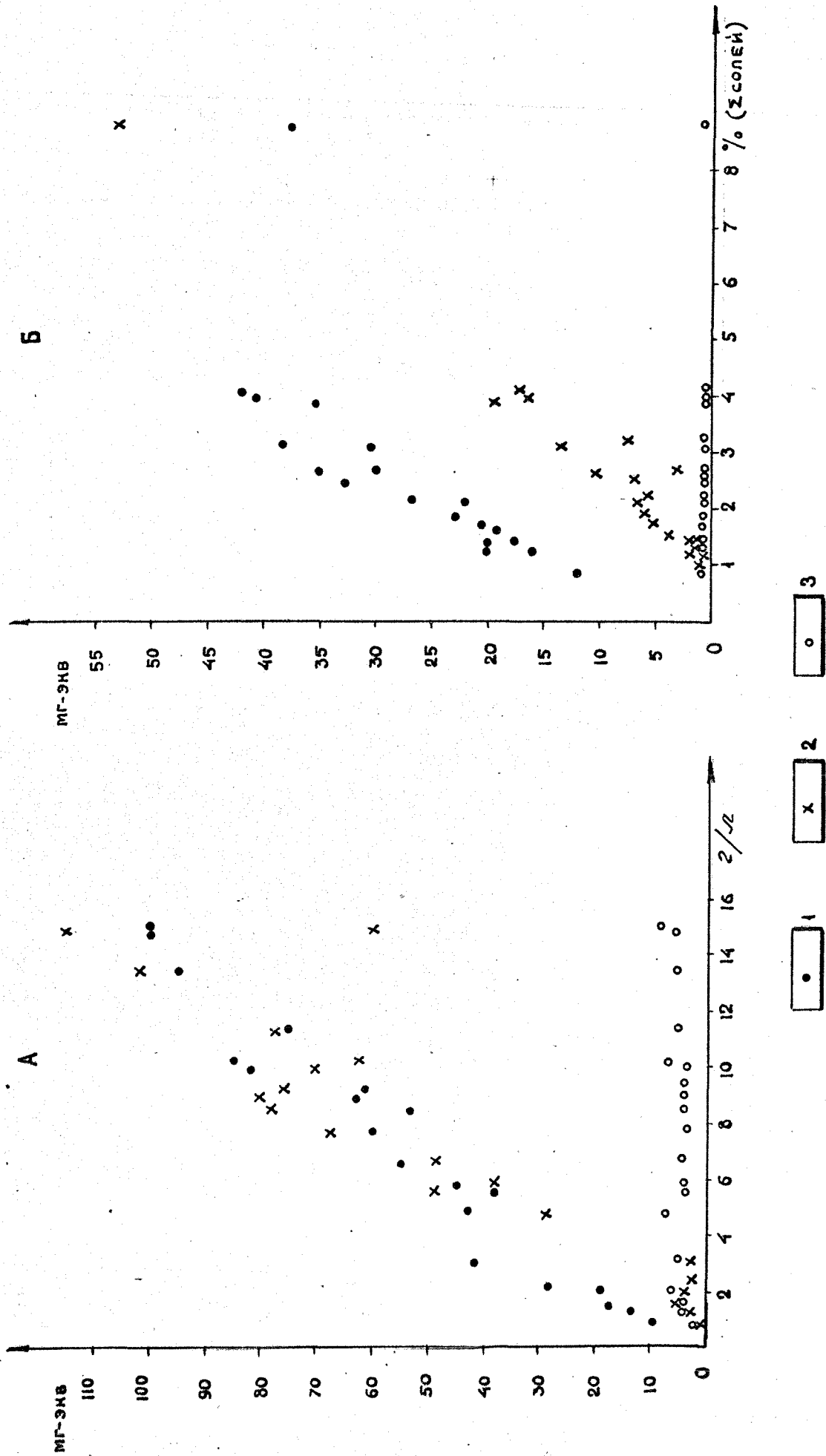
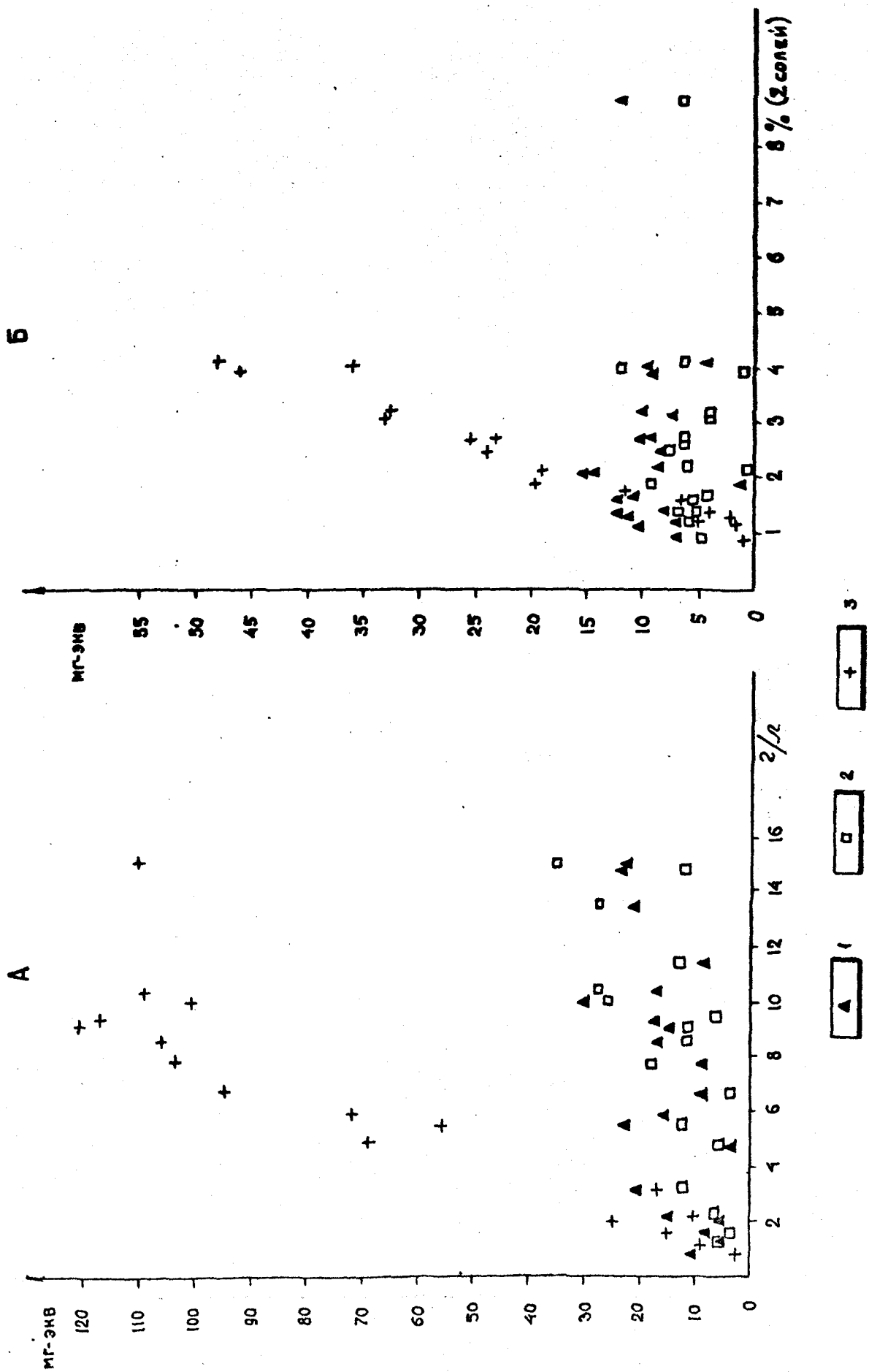


Рис. 4.2. Зависимость между составом анионов и плотным остатком в грунтовых водах (А) и в верхнем горизонте солончаков (Б) центральной части Кызыл-Курганской мезгорной впадины
 1- SO_4^{--} ; 2- Cl^- ; 3- HCO_3^-



грунтовых водах, характерный для Ферганской впадины в целом (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Сравнительная характеристика состава солей
в грунтовых водах главных районов засоления
в СССР (по В.А.Ковде, 1946)

№ п/п	Район	Типы засоления
1	Кулундинская степь	$ce > SO_4 > HCO_3; Na > Mg > Ca$
2	Среднее Поволжье	$ce > SO_4; Na > Mg \approx Ca$
3	Кура-Араксинская низменность	$ce > SO_4; Na > Mg \approx Ca$
4	Каспийская низмен- ность	$ce > SO_4; Na \approx Mg > Ca$
5	Долина р.Вахш	$ce \approx SO_4; Na > Mg \approx Ca$
6	Голодная степь	$ce \approx SO_4; Na > Mg \approx Ca$
7	Сухая дельта р.Ка- шка-Дарья	$ce \approx SO_4; Na > Mg > Ca$
8	Бухарский оазис	$ce < SO_4; Na \approx Mg > Ca$
9	Ферганская впадина	$ce < SO_4; \begin{cases} Na \approx Ca + Mg \\ Na \approx Ca \approx Mg \end{cases}$
10	Дельта р.Аму-Дарьи	$ce \approx SO_4; Na > Mg > Ca$

Преобладание в грунтовых водах Ca^{++} над Mg^{++} характерно то-
лько для Ферганской впадины; этим объясняется пониженная токсич-
ность засоленных почв в Фергане /34/.

Распределение легкорастворимых солей
в почвах и рыхлых четвертичных отло-
жениях

Соленакпление в почвах и рыхлых четвертичных отложениях Се-
веро-Западной Ферганы (отчасти, в неогеновых отложениях, вскрытых
скважинами геолого-геохимических профилей 6с, 11с и 12с) рассмот-

рено относительно среднего (местного кларкового) содержания в них легкорастворимых солей. Для определения величин местных кларков нами проведена статистическая обработка данных водных вытяжек из каждой литологической разности пород подзон катагенеза. Группировка случайных величин, которыми являлись данные водных вытяжек, в статистические совокупности основывалась на генетической принадлежности их к определенным литологическим разностям: пескам, супесям, суглинкам и глинам. После исключения промахов из серии измерений (методика описана в главе 3.), проводилась группировка данных для построения графиков накопленных частот ($x_i = f \sum y_i^n$) на вероятном трафарете Н.К.Разумовского (рис. 4.4 и 4.5). Прямолинейность графиков доказывает нормальный характер распределения выборок. Руководствуясь тем, что медиана нормально распределенной величины x_i равна среднему арифметическому всех значений конкретной выборки /84/, находим местные кларки плотного остатка для каждой литологической разности пород (табл. 4.3).

Для количественной оценки миграции легкорастворимых солей в почвах и рыхлых отложениях зоны активного водообмена в пределах аккумулятивной ступени каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы использованы кларки концентрации, вычисленные из соотношения содержания плотного остатка в конкретной литологической разности пород к его местному кларку /56/. Значения кларков концентрации (KK) вынесены на линии геолого-литологических разрезов I-I, II-II и III-III, участки с равными значениями KK очерчены изолиниями (рис. 4.6, 4.7 и 4.8). На разрезах четко выделяются зоны концентрации и рассеяния легкорастворимых солей, причем тенденция соленакопления в рыхлых отложениях тяжелого механического состава, связанная с адсорбционным геохимическим барьером, здесь отсутствует. Напротив, в песчаных и супесчаных отложениях выявлены локальные участки повышенного содержания солей. Максимальное соле-

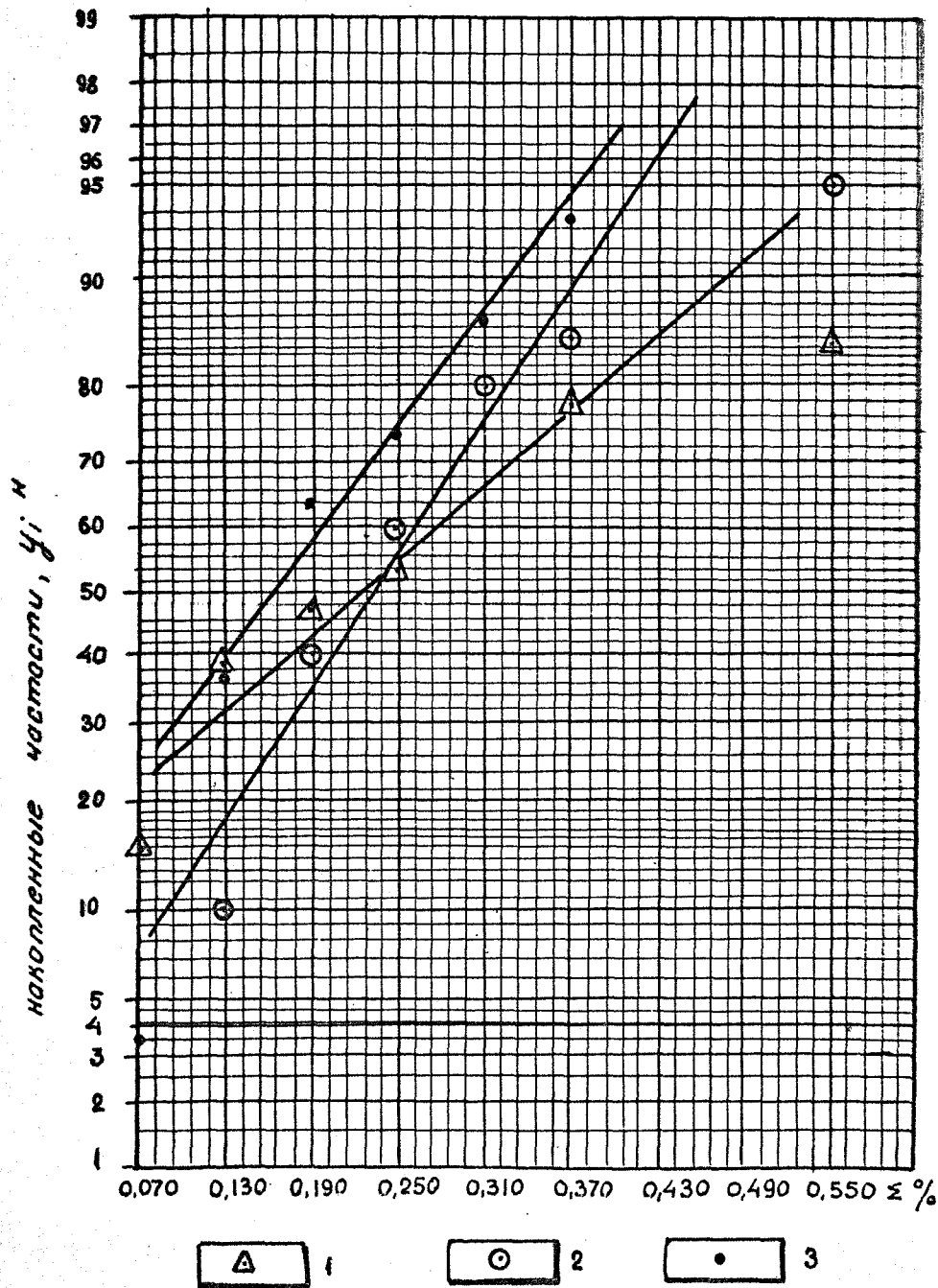


Рис. 4.4. Кумулянты нормального распределения плотного остатка водной вытяжки из четвертичных отложений Мамыш - Курганской межгорной впадины

1 - песок связный; 2 - суглинок средний; 3 - суглинок тяжелый

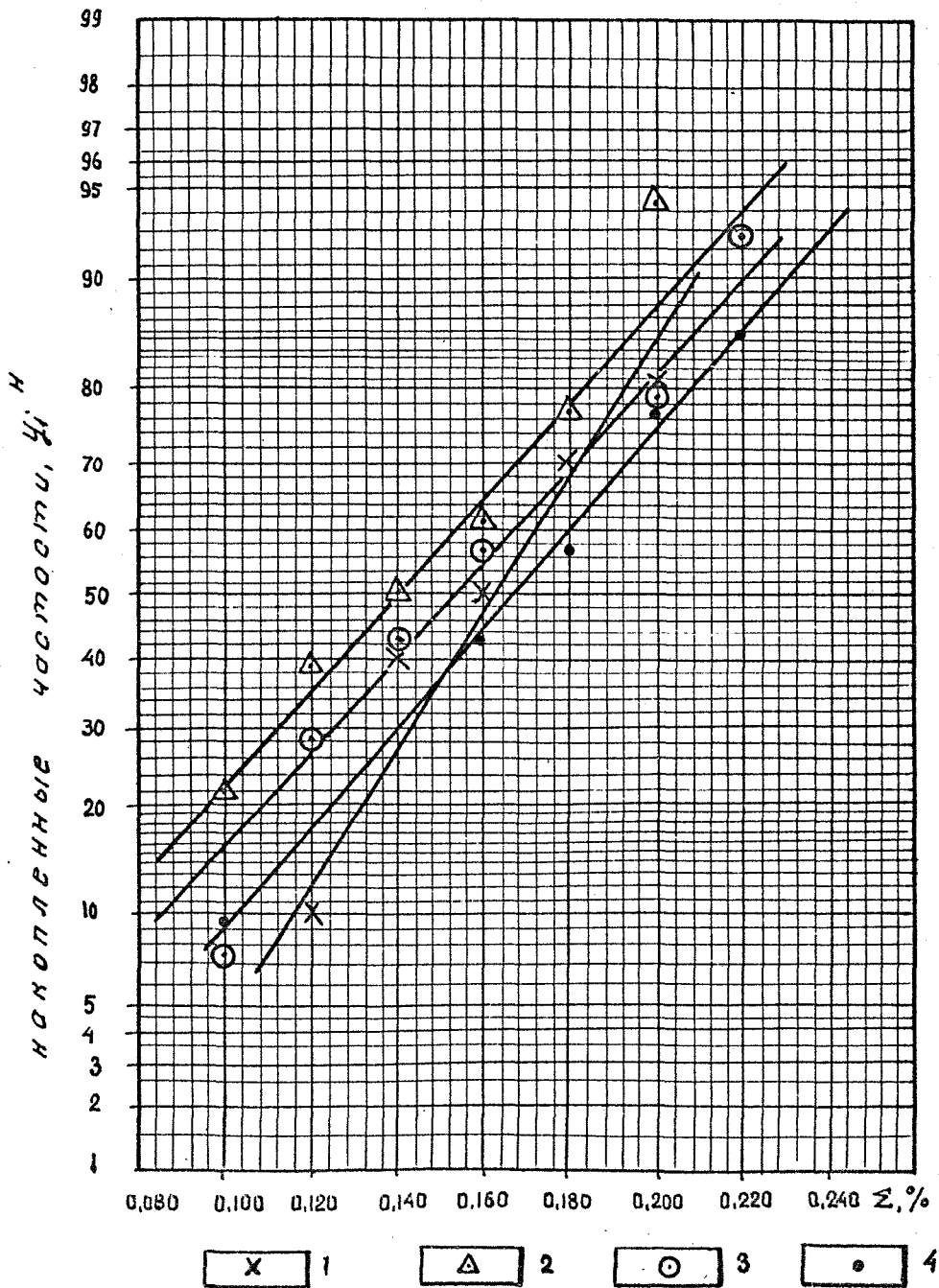


Рис.4.5. Кумулянты нормального распределения плотного остатка водной вытяжки из четвертичных отложений Камыш-Курганской межгорной впадины

1- песок рыхлый; 2- суглесь; 3- суглинок легкий; 4- глина легкая

Таблица 4.3.

Среднее содержание плотного остатка и ионов легко-растворимых солей в водной вытяжке из рыхлых отложений Камыш-Курганской межгорной впадины

Литологическая разность пород (по Н.А. Качинско- му)	Объем выборки, кг, n	Число проб, ходов, n	Среднее значение плотного остатка, г/л, $\rho_{плот}$	Среднее значение, %								
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+K^+			
Песок рыхлый	10	-	0,108	0,080 [*] 0,202	0,477	0,210	0,057	0,030	0,079	0,017	0,004	0,051
Песок связанный	13	-	0,244	0,060 0,405	0,521	0,331	0,035	0,025	0,218	0,033	0,023	0,046
Супесь	18	1	0,042	0,090 0,272	0,561	0,153	0,039	0,016	0,075	0,021	0,010	0,019
Суглинок легкий	14	2	0,044	0,216 0,461	0,546	0,168	0,045	0,019	0,075	0,021	0,009	0,026
Суглинок средний	20	2	0,138	0,142 0,163	0,535	0,279	0,049	0,033	0,127	0,024	0,017	0,044
Суглинок тяжелый	30	2	0,095	1,310 ^{**} 2,230	2,960	0,215	0,051	0,022	0,105	0,022	0,011	0,036
Глина легкая	21	2	0,064	0,275 0,275	0,524	0,194	0,057	0,022	0,090	0,022	0,011	0,031
Глина средняя	3	-	0,169	0,144 0,856	0,941	0,264	0,039	0,024	0,152	0,047	0,014	0,023

Примечание: * в числителе - значение $\rho_{плот}$, в знаменателе - по $mg\% Li$;

** табличный критерий ξ для $n > 25$ (Э.И. Ткачук, 1975)

накопление обнаружено в зоне аэрации. Очевидно, в ходе геологической истории четвертичного осадконакопления ведущая роль в перераспределении легкорастворимых солей принадлежала испарению грунтовых вод в пределах верхней почвенной толщи, а также периодической смене пльвиальных (ледниковых) и относительно засушливых (межледниковых) эпох, которые "регулировали" интенсивность стока и разгрузки водных потоков.

На наш взгляд это происходило следующим образом. Вскрытая разведочными скважинами толща рыхлых четвертичных аллювиально-пролювиальных и озерных отложений Камыш-Курганской межгорной впадины имеет верхнечетвертичный и голоценовый возраст. В верхнечетвертичную эпоху произошло снижение активности процессов горообразования, которая была максимальной в предшествующую среднечетвертичную эпоху. Русло р. Сыр-Дарьи к этому времени уже окончательно сместилось к югу, поэтому ниже- и, частично, среднечетвертичные пойменные и старичные отложения Прасырдарьи перекрывались аллювиально-пролювиальными отложениями временных и постоянных водотоков, стекающих с Кураминского хребта, которые подпруживались растущим адыром Супе-Тау и образовывали небольшие озера, где в спокойных условиях шло осадконакопление тонкодисперсного материала. В пределах озерно-пролювиальной равнины грунтовые воды, как в настоящее время, залегали неглубоко от поверхности в грубообломочных аллювиально-пролювиальных отложениях периферийных частей конусов выноса, сингенетично замещающихся к югу озерными глинами и суглинками. В условиях слабого оттока и интенсивного испарения здесь шло повсеместное соленакопление в отложениях различного гранулометрического состава; интенсивное испарение и соленакопление характерны и для современных трансупераквальных ландшафтов. Погребенные органические остатки, вскрытые скважинами на линии профиля III-III, свидетельствуют, очевидно, о периодическом изменении климата в сторону увлаж-

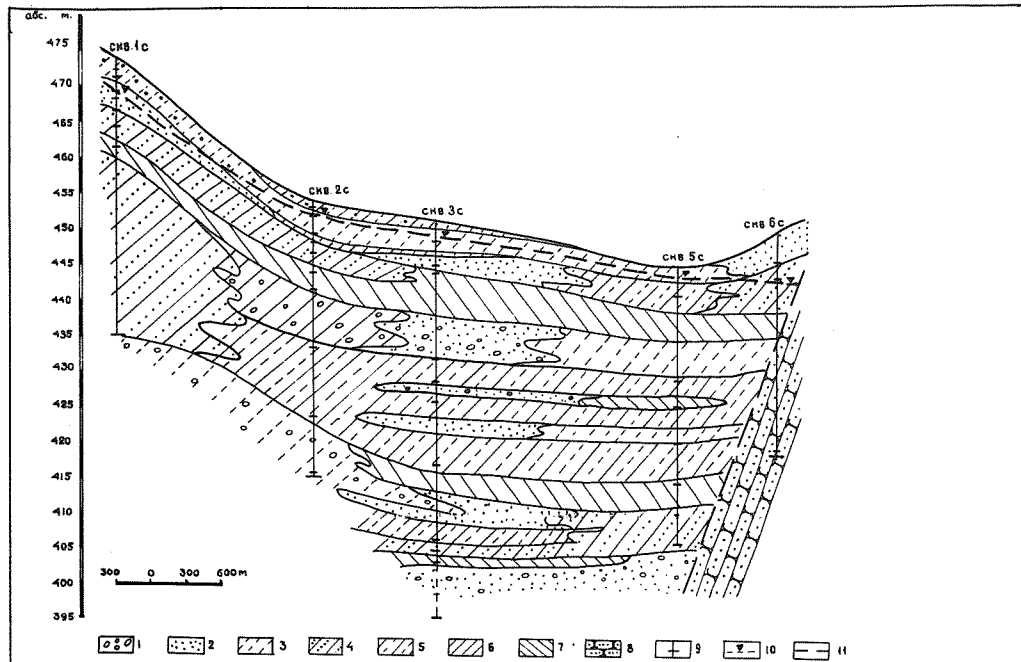


Рис. 4.б. Геолого-литологический разрез через Намыш-Курганскую межгорную впадину по линии I-I

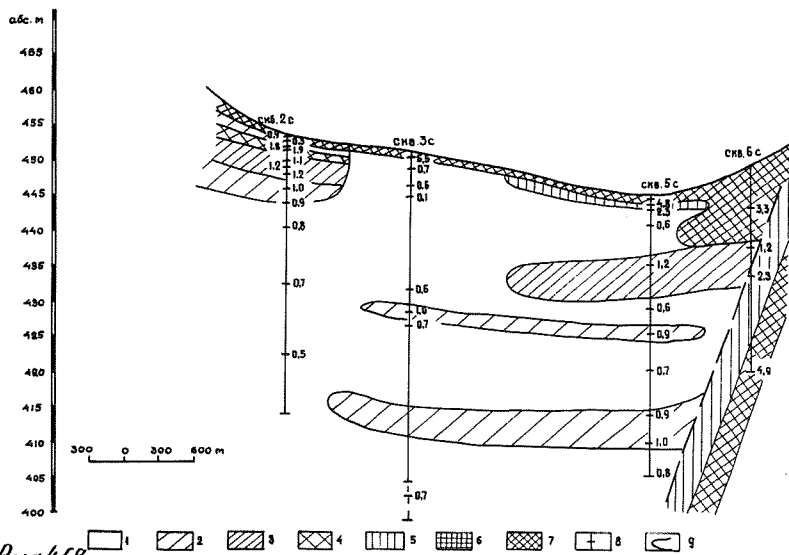


Рис. 4.б.а. Планы концентрации легнорастворимых солей в почвах и рыхлых отложениях Намыш-Курганской межгорной впадины (линия I-I)

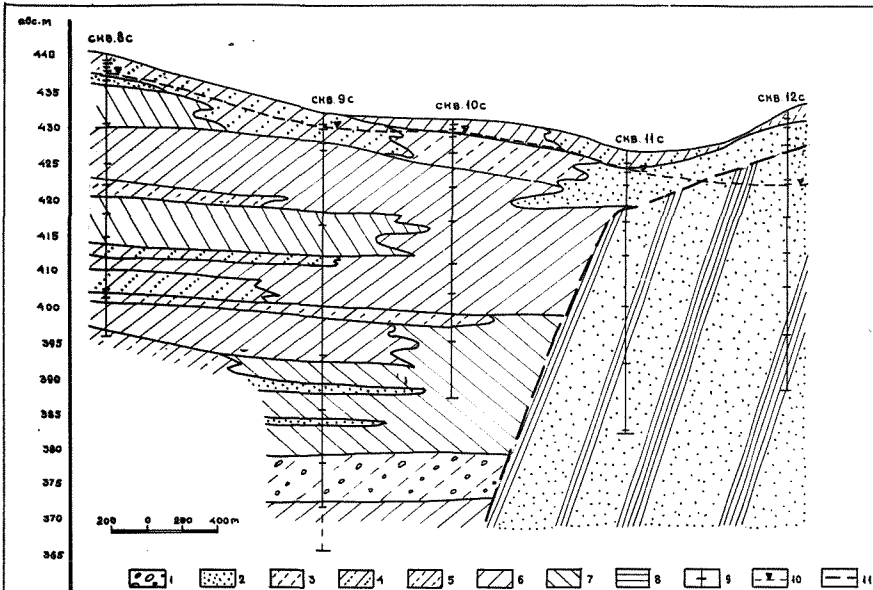


Рис. 4.7. Геолого-литологический разрез через Натыш - Нургинскую межгорную впадину по линии II-II

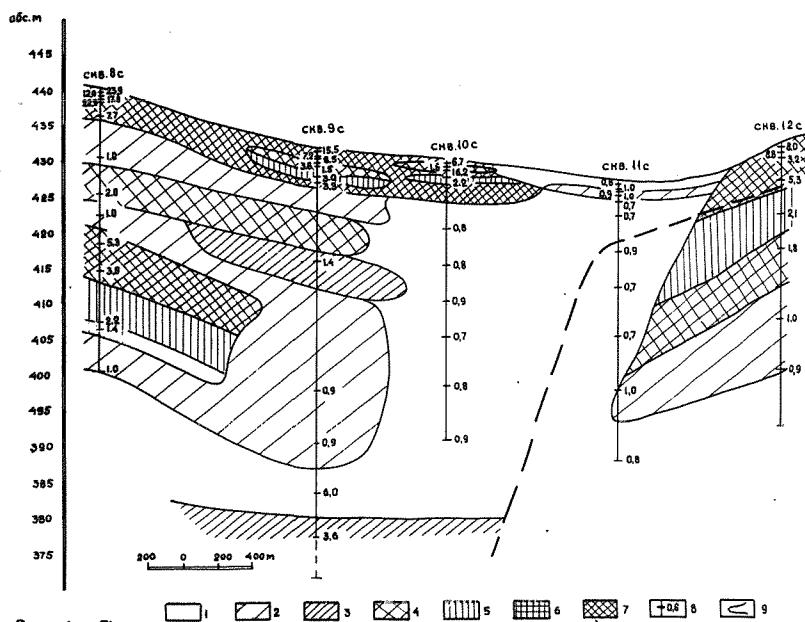
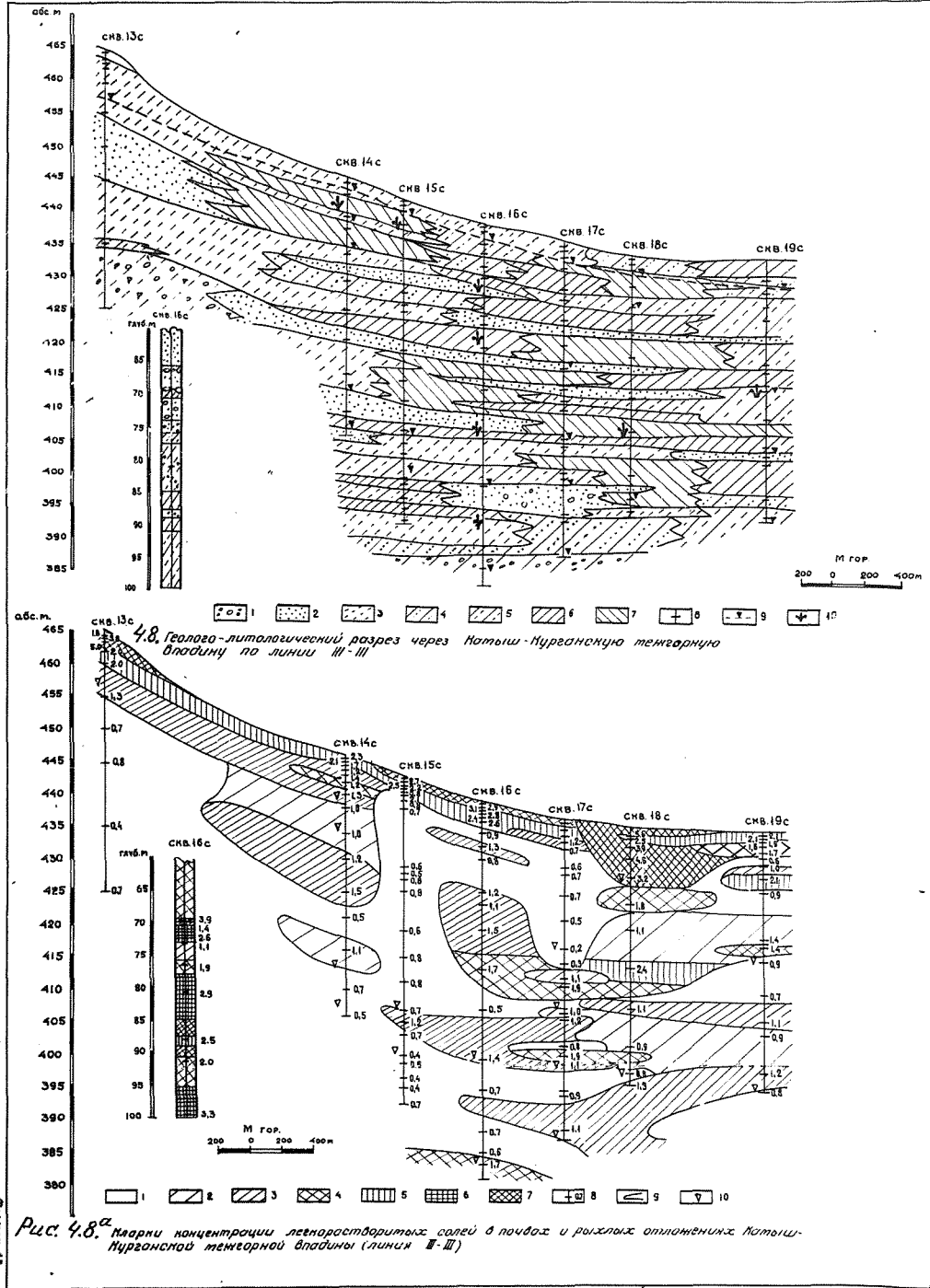


Рис. 4.7^а. Карти концентрации легкорастворимых солей в почвах и рыхлых отложениях Натыш - Нургинской межгорной впадины (линия II-II)



Условные обозначения к рис. 4.6.

Литологический состав пород: I — гравийно-щебнистые отложения; 2 — пески; 3 — супеси; 4 — суглинки легкие; 5 — суглинки средние; 6 — суглинки тяжелые; 7 — глины; 8 — песчаники. Прочие обозначения: 9 — места отбора проб почв и рыхлых отложений; IO — уровень грунтовых вод; II — предполагаемая граница сочленения неогеновых и четвертичных отложений

Условные обозначения к рис. 4.7.

Литологический состав пород: I — гравийно-щебнистые отложения; 2 — пески; 3 — супеси; 4 — суглинки легкие; 5 — суглинки средние; 6 — суглинки тяжелые; 7 — глины четвертичного возраста; 8 — глины неогенового возраста. Прочие обозначения: 9 — места отбора проб почв и рыхлых отложений; IO — уровень грунтовых вод; II — предполагаемая граница сочленения неогеновых и четвертичных отложений

Условные обозначения к рис. 4.8.

Литологический состав пород: I — гравийно-щебнистые отложения; 2 — пески; 3 — супеси; 4 — суглинки легкие; 5 — суглинки средние; 6 — суглинки тяжелые; 7 — глины. Прочие обозначения: 8 — места отбора проб почв и рыхлых отложений; 9 — уровень грунтовых вод; IO — погребенные органические остатки

Условные обозначения к рис. 4.6.^a,
4.7.^a, 4.8.^a

Кларки концентрации (КК) : I — от 0,1 до 0,9; 2 — от 0,9 до 1,1; 3 — от 1,1 до 1,5; 4 — от 1,5 до 2,0; 5 — от 2,0 до 2,5; 6 — от 2,5 до 3,0; 7 — более 3,0. Прочие обозначения: 8 — места отбора проб почв и рыхлых отложений, цифра справа — значения КК; 9 — линии, оконтуривающие участки с одинаковыми значениями КК; IO — отметки залегания рыхлых отложений с повышенной влажностью

нения, хотя не исключена их принадлежность к озерным или старичным отложениям. Повышенное количество атмосферных осадков, поступавших в такие периоды на водосборную территорию воздымающегося Кураминского хребта, способствовало возрастанию стока, что, в свою очередь, приводило к увеличению объема обломочного материала, транспортируемого горными реками. Аллювиально-пролювиальные отложения перекрывали более древние осадки. Высокая фильтрационная способность грубообломочного материала обусловила относительно свободный отток подземных вод по этим отложениям в юго-восточном направлении, в обход адырной гряды Супе-Тау. Встречая на своем пути слабопроницаемые прослойки озерных глин и суглинков, подземные воды способствовали выщелачиванию из них легкорастворимых солей.

Однако, рассматривая перераспределение легкорастворимых солей в рыхлых четвертичных отложениях Камыш-Курганской межгорной впадины, необходимо учитывать и их миграцию в вертикальном направлении под действием сил гидростатического напора. Переносимые напорными водами из нижележащих подзон катагенеза в верхние подзоны легкорастворимые соли адсорбируются на слабопроницаемых озерных суглинках и глинах и засоляют их.

Рассмотренные выше процессы объясняют характер соленакопления в рыхлых четвертичных отложениях различного гранулометрического состава.

При подсчете соотношения содержания легкорастворимых солей в почво-грунтах современных ландшафтов к их местным кларкам в породах подзон катагенеза отмечено повсеместное возрастание кларков концентрации до 2,0 и более с максимумом в пределах трансупераккумулятивно-аккумулятивных ландшафтов. Максимум соленакопления отмечен для территории бывшего соленого озера Шакаркуль, которое являлось местом выклинивания на поверхность грунтовых вод и разгрузки их через испарение у подножия адыра Супе-Тау. Озерные отложения,

вскрытые скважиной I8c (рис. 4.8) имеют $K > 3$ до глубины 6,0 м; такой высокий кларк концентрации характерен обычно только для верхнего слоя почво-грунтов мощностью 1–2 м. Четвертичные отложения, вскрытые глубокой опорной скважиной I6c, характеризуются повышенным засолением глубже 70–90 м, где начинается зона замедленного водообмена. Здесь напорные подземные воды длительное время контактируют с водовмещающими и водоупорными слоями, выщелачивают их, обогащаясь солями и вновь отдавая породам.

Для аккумулятивной ступени каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы с широко развитыми здесь типичными пухлыми солончаками характерно интенсивное соленакопление из грунтовых вод на геохимическом испарительном барьере (рис. 4.2.^б и 4.3.^б). Параллельно накоплению иона SO_4^{--} , достигающем 40–42 мг-экв, с большим отставанием от него идет накопление иона Cl^- (18–20 мг-экв). Среди катионов Na^+ выходит на первое место, его содержание в верхнем горизонте солончаков достигает 46–48 мг-экв, что намного опережает Ca^{++} и Mg^{++} (10–12 мг-экв). Отсюда можно сделать вывод о преимущественно сульфатно-натриевом засолении почв аккумулятивной ступени каскада. Факт преобладания сульфатов натрия в почвах сухостепных ландшафтов В.М.Боровский /I3, I4/ связывает с температурным геохимическим барьером, на котором растворимость сульфатов натрия при понижении температуры от $+30^{\circ}$ до 0° снижается в 8 раз (от 400 до 50 г/л).

При засолении почво-грунтов зоны аэрации аккумулятивной ступени каскада, равно в среднем 1,9%, ряд соленакопления в почвах по результатам статистической обработки данных водных вытяжек из образцов почво-грунтов, отобранных из скважин на опытном ключевом участке, имеет следующий вид (содержание ионов дано в мг-экв/100 г

почвы): $\frac{SO_4^{--}}{23,1} > \frac{Na^+}{14,5} > \frac{Ca^{++}}{9,5} > \frac{Cl^-}{5,3} > \frac{Mg^{++}}{5,0} > \frac{HCO_3^-}{0,5}$

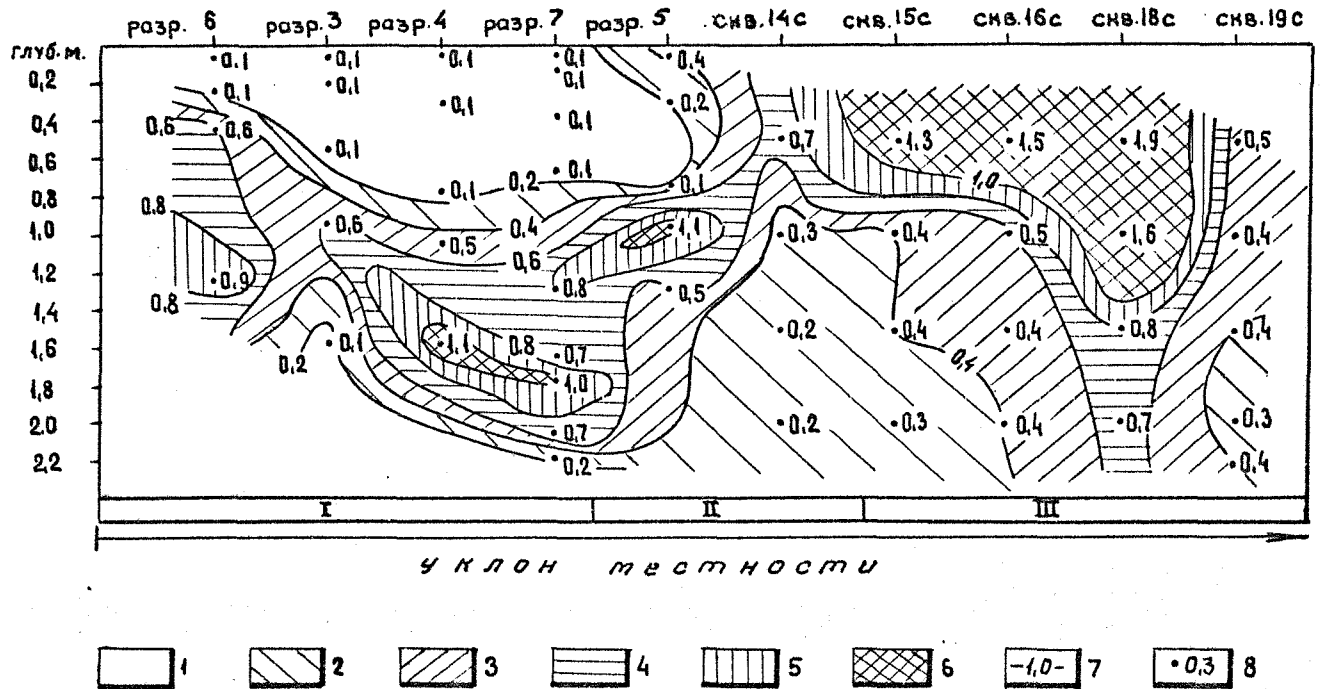


Рис. 4.9. Дифференциация легкорастворимых солей в почвах КЛГС Северо-западной Ферганы

Плотный остаток: 1 - менее 0,2 % ; 2 - от 0,2 до 0,4 % ; 3 - от 0,4 до 0,6 % ; 4 - от 0,6 до 0,8 % ; 5 - от 0,8 до 1,0 % ; 6 - более 1,0 % ; 7 - изоконцентраты ; 8 - места отбора проб образцов, цифра справа - значение плотного остатка, % ; Гипсометрически сопряженные элементы рельефа: I - конусы выноса горных рек Куратинского хребта ; II - северная периферийная часть Матыш-Курганской межгорной впадины ; III - центральная часть впадины

В пределах гипсометрически сопряженных транзитной и аккумулятивной ступеней каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы, максимум соленакопления в почвах перемещается из залегающих на глубинах 1,4–1,8 м карбонатных и гипсовых горизонтов сероземов и серо-бурых почв предгорных конусов выноса к поверхности, в зоне развития сульфатно-натриевых пухлых солончаков центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины (рис. 4.9).

Выводы.

1. Повышенное содержание сульфат-иона в подземных водах водосборного бассейна Пангаз-сая, наряду с аномальным содержанием в них молибдена и никеля, очевидно свидетельствует о наличии зон окисления сульфидных месторождений в районе водосбора. Выдвинутое предположение нуждается в уточнении с привлечением геохимических методов поисков полезных ископаемых и других специальных видов исследований.

2. В пределах аккумулятивной ступени каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы идет процесс концентрирования в грунтовых водах хлор-иона, очень подвижного мигранта. Выносу хлора за пределы системы препятствует её полузамкнутость, в связи с чем свободный отток подземных вод в р.Сыр-Дарью затруднен.

3. Соленакопление в грунтовых водах изучаемой территории относится к сульфатно-хлоридно-натриевому типу, что полностью согласуется с соответствующими литературными данными для всей Ферганы.

4. Специфика накопления солей в рыхлых четвертичных отложениях

Камыш-Курганской межгорной впадины связана с геологической историей развития региона.

5. На процессы миграции легкорастворимых солей в почвах аккумулятивной ступени каскада большое влияние оказывают испарительный и температурный геохимические барьеры, способствуя широкому развитию здесь сульфатно-натриевых пухлых солончаков, занимающих 32% всей площади.

Глава 5. ВОЗДУШНАЯ МИГРАЦИЯ ЛЕГКОРАСТВОРИМЫХ СОЛЕЙ
В ЛАНДШАФТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ

В пределах транзитной и аккумулятивной ступеней КЛТС Северо-Западной Ферганы поверхностный сток отсутствует и водная миграция легкорастворимых солей в ландшафтах осуществляется за счет потока грунтовых вод. Но в аридных ландшафтах с широким развитием солончаков немаловажную роль играет и воздушная миграция легкорастворимых солей /ГЗ, Г4, 34/. Как отмечалось в главе 2, Камыш-Курганская межгорная впадина расположена к востоку от "Ходжентских ворот", где летом дуют сильные юго-западные ветры (гармсили), меняющие направление в зимнее время на восточное и юго-восточное вследствие вторжения иранского циклона на территорию Средней Азии.

При входе в "Ходжентские ворота" средняя скорость ветра составляет 4,0–5,5 м/сек, у восточной границы Камыш-Курганской межгорной впадины она гасится и не превышает 2,0–2,5 м/сек (табл. 5.1).

Таблица 5.1.

Средняя многолетняя скорость ветра на территории Северного Таджикистана, м/с (по А.А.Кашлеву и др., 1980)

Окончание таблицы 5.1.

Метеостан- ция	Пери- од наб- люде- ний	Месяцы												Сред- няя многo- летняя вели- чина
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ленинабад- (район "Ходжен- тских ворот")	1940- 1976	5,3	5,5	5,6	4,8	4,2	4,0	4,4	4,4	4,0	3,8	4,6	4,8	4,6
Джарбулак (у восточ- ной грани- цы Камыш- Курганской впадины)	1960- 1976	1,3	1,4	1,9	2,3	2,3	1,8	1,8	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	1,6

На западной границе впадины в зоне ветровой деятельности рас-
положено соленое озеро Аксукон, что в переводе с тюрского означа-
ет "белая вода" и это вполне оправдывает его внешний вид в летнее
время, когда озеро покрывается толстой (около 20 см) коркой соли.

Нами сделана попытка количественно оценить масштаб выноса
легкорастворимых солей ветром с поверхности озера Аксукон в сто-
рону Камыш-Курганской межгорной впадины с помощью расчета его во-
дно-солевого баланса, а также учесть последующее поступление со-
лей в область аккумулятивной ступени КЛПС путем постановки спе-
циального эксперимента на опытном ключевом участке.

От Камыш-Курганской межгорной впадины и реки Сыр-Дарьи озеро
Аксукон отделено полукольцом низкогорных адырных гряд Супе-Тау и
Махау-Тау, открытым к северо-западу, в сторону Кураминского хребта
(рис. 5.1). К озеру примыкает Аксуконская низменность, сформирован-
ная аллювиально-пролювиальными рыхлыми четвертичными отложениями
временных водотоков, которые стекают с южного склона Кураминского
хребта во время таяния снегов и выпадения там осадков ливневого
характера. Окружающие озеро гряды имеют палеоген-неогеновый возраст

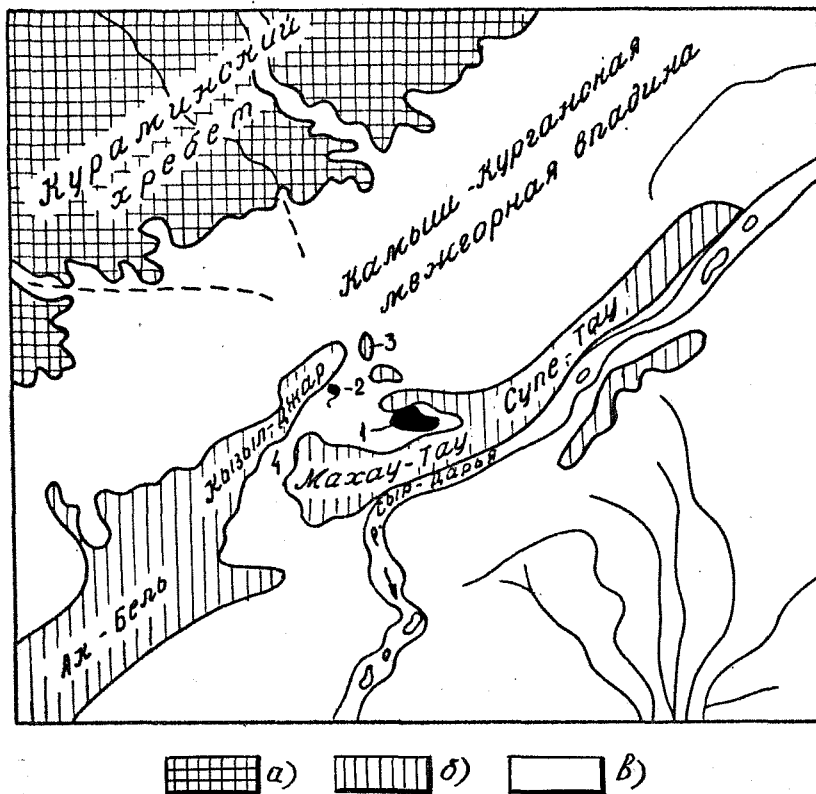


Рис. 5.1. Схема расположения озера Аксумон

- 1- соленое озеро Аксумон;
- 2- каракумские родники;
- 3- солончаки Бахмал-Тюбе;
- 4- ущелье Караварак;
- а)- палеозойский интрузивный комплекс пород;
- б)- дислоцированные отложения палеоген-неогенового возраста;
- в)- четвертичные пролювиальные и озерно-пролювиальные отложения.

и сложены песчано-глинистыми породами, включающими пласты каменной соли, гипса и ангидрита. Гидрогеологическими исследованиями /47/, проведенными Северной гидрогеологической экспедицией Управления геологии при Совете Министров Таджикской ССР установлено, что ложе озера Аксукон подстилают породы неогена, представленные бурой свитой (N_{1-2}) и верхней толщей гипсоносной свиты (рис.5.2).

Режим озера изучен слабо. Наиболее полные метеорологические и гидрологические режимные наблюдения в течение 18 месяцев были проведены в 1956-58 гг /51/. Приводим график, отражающий изменение объема воды в озере Аксукон в зависимости от испарения с водной поверхности и выпадения осадков в районе озера в течение года (рис. 5.3). Отметим, что здесь не показана динамика поверхностного стока в связи с отсутствием достаточного количества данных.

На графике четко выделяются 2 пика максимумов объемов воды, приходящихся на март-апрель и июнь. Весенний максимум связан с интенсификацией поверхностного стока, возрастающего за счет таяния снега и обильного выпадения дождей в пределах Кураминского хребта. Осадки, выпадающие в районе озера, ничтожно малы по сравнению с испарением и решающего значения в водном балансе озера Аксукон не имеют. К концу апреля снег в горах успевает полностью растаять, количество выпадающих осадков резко снижается, значительно возрастает испарение с открытой водной поверхности озера. Всё это приводит к тому, что поверхностный сток почти полностью прекращается и озеро к маю уменьшается в объеме в 6-8 раз. В июне, несмотря на возрастающее испарение, наблюдается увеличение объема воды в озере. Очевидно, летний максимум объема воды вызван усилением притока подземных вод, увеличивающих к этому времени свой расход за счет инфильтрации весенних атмосферных осадков и талых вод. Минимум объема воды наблюдается в ноябре в результате интенсивного испарения в течение всего лета, достигающего величины 357 мм

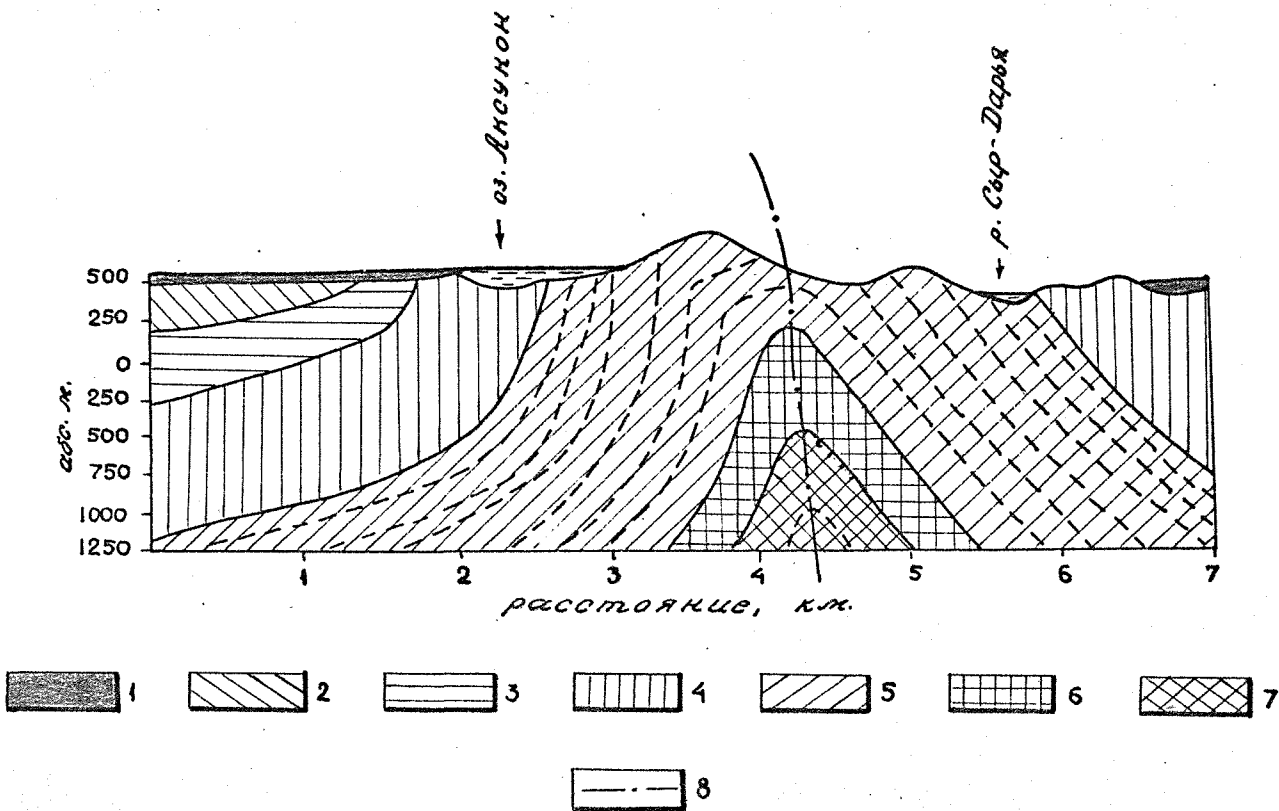


Рис. 5.2. Схематический разрез через оз. Ансунок (по Г. П. Юртаеву, 1961)

Четвертичные отложения: 1 - галечники конусов выноса (Q_{2-4});
2 - песчаниковая свита (Q_1). Неогеновые отложения: 3 - полевая свита (N_2-Q_1);
4 - бурая свита (N_{1-2}); 5 - гипсоносная свита (N_1). Палеогеновые отложения:
6 - соленосная свита (верхняя подсвита) (P_3^{3a}); 7 - соленосная свита (нижняя подсвита) (P_3^{3b}); 8 - ось акцилинали Суле-Тау.

в июле, при одновременном снижении расходов поверхностных и подземных вод.

Уравнение годового водного баланса озера Аксукон как стационарной системы, то есть при условии постоянства среднего многолетнего объема в нем, имеет вид:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (1)$$

где Q_1 — приток поверхностных вод, л/с;

Q_2 — приток подземных вод, л/с;

Q_3 — испарение с открытой водной поверхности озера, л/с;

Q_4 — испарение с уровня грунтовых вод Аксуконской низменности, л/с;

Q_5 — отток воды из озера в р.Сыр-Дарью, л/с.

Поверхностный сток (Q_1) составляют селевые потоки и временные водотоки, зарождающиеся на склонах Кураминского хребта в период снеготаяния и массового выпадения осадков в весеннее время.

Нами сделаны подсчеты суммарного расхода селевых потоков и временных водотоков за период с середины марта по конец апреля 1957 года. Если предположить, что в течение февраля объем воды в озере был обусловлен, в основном, суммарным притоком грунтовых и напорных вод, циркулирующих в трещиноватых породах неогена, то разница в объеме воды за март-апрель составит весенний поверхностный сток, равный 0,69 млн. м³ (табл.5.2).

Постоянным водотоком в озеро является небольшой ручей, имеющий среднегодовой расход 8 л/с /47/. Ручей берет своё начало из соляных источников с минерализацией 333,7 г/л, расположенных в урочище Каракон. Источники питаются выклинивающимися напорными подземными водами в соленосных породах неогена у подножия южного склона гряды Кызыл-Джар (см.рис. 5.1)

Таким образом, суммарный приток поверхностных вод в озеро Аксукон за год составляет:

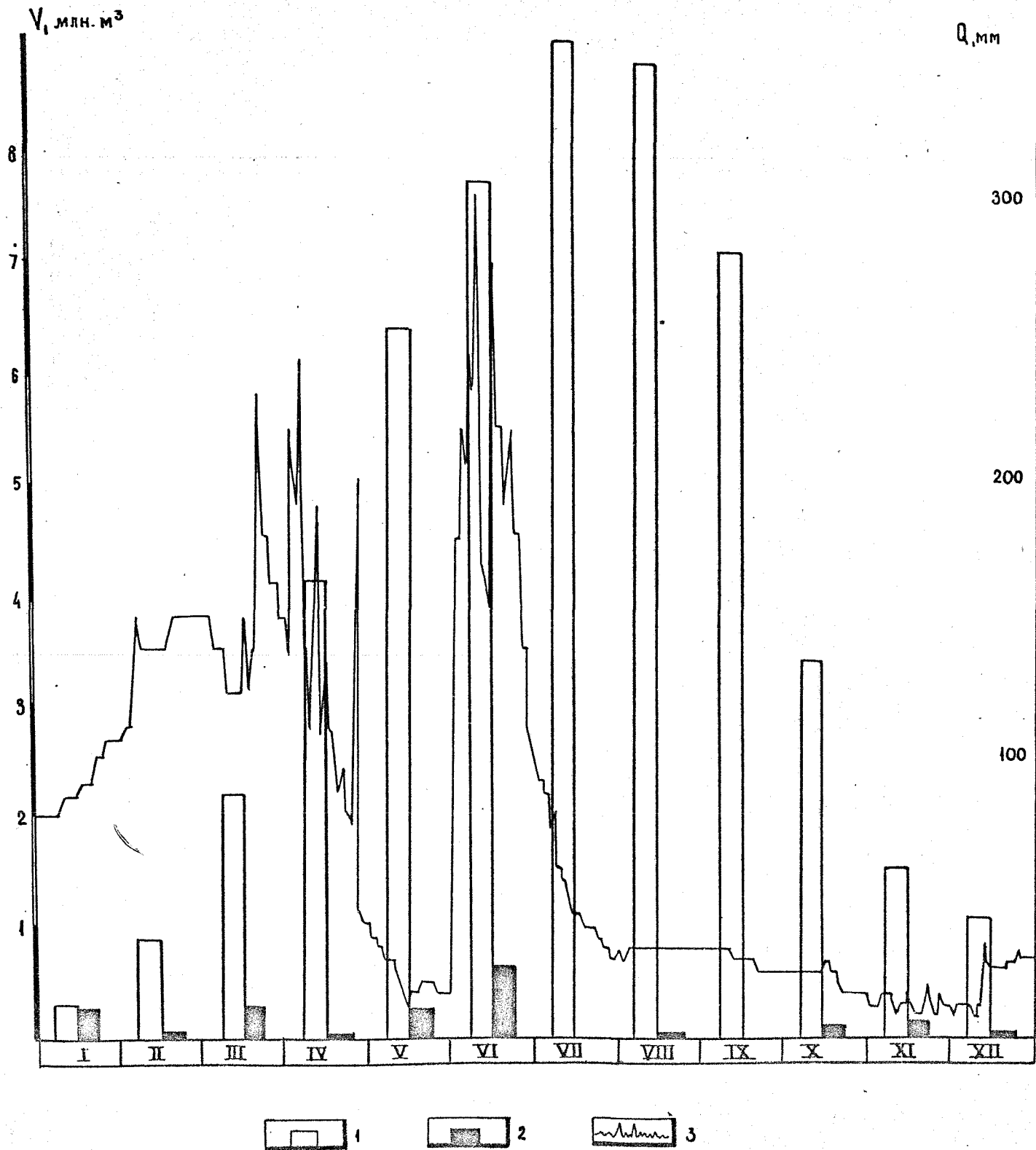


Рис. 5.3. График годового хода испарения с открытой поверхностью оз. Ансун, выпадения осадков в районе озера и изменения объема воды в нем (по Г. Д. Мямлину, 1960)

1- испарение за месяц, мм; 2- осадки за месяц, мм; 3- изменение объема воды в озере, млн. м³

$$8 \text{ л/с} + \frac{0,69 \cdot 10^9}{315,36 \cdot 10^5} \text{ л/с} = 8 \text{ л/с} + 21,9 \text{ л/с} = 29,9 \text{ л/с}$$

При этом с селями и временными водотоками, имеющими среднюю минерализацию воды 0,3 г/л, весной в озеро поступает: 0,3 г/л х х $0,69 \cdot 10^9 \text{ л} = 0,207 \cdot 10^9 \text{ г} = 207 \text{ тонн}$ легкорастворимых солей. Количество солей, принесенное в озеро за год постоянным водотоком, достигает: $333,7 \text{ г/л} \times 8 \text{ л/с} \times 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 841885,05 \cdot 10^5 \text{ г} = 84188,5 \text{ тонн}$.

Согласно данным Северной ГТЭ Тадж.ССР, расход потока грунтовых вод (Q_2^{zp}), движущихся к озеру по конусам выноса в районе сопки Бахмал-Тюбе и Раватских холмов, составляет 35 л/сек. Минерализация грунтовых вод Аксуконской низины равна, в среднем, 7 г/л, что соответствует годовому поступлению солей в озеро в количестве: $7 \text{ г/л} \times 35 \text{ л/с} \times 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 77263,2 \cdot 10^5 \text{ г} = 7726,3 \text{ тонн}$

Приток напорных подземных вод ($Q_2^{нар}$) бурой и гипсоносной свит неогена ввиду сложности его непосредственного измерения вычислен как разность положительных и отрицательных статей баланса в уравнении (1).

Предварительно проведем оценку расходных статей водного баланса озера. Количество воды, испарившееся с водной поверхности озера Аксукон в течение 1957 года, в пересчете на л/сек, вычислено на основании режимных наблюдений, проведенных Г.Д.Мямлиным /51/ за динамикой испарения, изменением глубины и объема воды по сезонам года. Среднегодовая величина расхода воды на испарение (Q_3) достигает здесь 106,3 л/сек (см.табл. 5.2). При подсчете величины суммарного испарения с уровня грунтовых вод Аксуконской низменности (Q_4) привлечены данные лизиметрических наблюдений на Хашим-Кульской балансовой площадке, расположенной на солончаке под галофитной растительностью. Проведен подсчет площадей с одинаковой глубиной уровня грунтовых вод. Отметим, что площади, где грунтовые

Таблица 5.2.

Расчетные характеристики расхода воды на испарение с открытой водной поверхности озера Аксукон за 1957 г.
(по К.И.Потаповой и Г.Д.Мямлину, 1960)

Расчетные показатели!	Период наблюдений											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Испарение, мм	12,7	35,8	88,7	165,1	256,5	308,4	357,4	347,6	282,0	136,7	62,2	44,1
Средняя глубина озера, м	1,17	1,22	1,23	1,18	1,04	1,26	1,09	1,05	1,04	1,02	1,00	1,02
Объем воды в озере, млн. м ³	2,77	3,40	3,89	3,20	1,10	4,99	1,37	0,75	0,70	0,52	0,31	0,57
Площадь озера, млн. м ²	1,94	2,79	3,15	2,71	1,06	3,96	1,26	0,71	0,67	0,51	0,31	0,56
Расход воды на испарение, т/с	9,2	41,3	104,3	172,6	101,5	471,2	168,1	92,1	72,9	26,0	7,4	9,2

воды залегают глубже 3 м от поверхности, не учтены в связи с незначительным испарением, составляющим всего 5,5 мм/год (А.А.Кашлев и др., 1970). Величина суммарного испарения с уровня грунтовых вод равна 51,6 л/с (табл. 5.3)

Таблица 5.3.

Испарение с уровня грунтовых вод Аксуконской низменности
(по материалам "Союзгипроводхоз", 1964 и СГГЭ Тадж.ССР,
1970)

Уровень грунтовых вод, м	Испарение с уровня грунтовых вод, мм	Площадь пространства грунтовых вод с одинаковой глубиной уровня, км ²	Испарение с уровня грунтовых вод, тыс.м ³	Среднегодовой расход воды на испарение, л/с
1,0	145,3	6,465	937,4	29,7
2,0	134,1	4,635	620,1	19,7
3,0	21,1	3,257	68,4	2,2
Итого:				51,6 л/с

Отток воды из озера Аксукон, по видимому, осуществляется через Караваракское ущелье, расположенное юго-западнее озера на более низкой гипсометрической отметке, где протекает ручей, имеющий расход 4-5 л/с (Q_5) и минерализацию воды 133 г/л /47/. Ручей Караварак выносит в р.Сыр-Дарью: $133 \text{ г/л} \times 5 \text{ л/с} \times 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 209714$ тонн легкорастворимых солей за год.

Таким образом, приток напорных подземных вод бурой и гипсоносной свит неогена, разгружающихся на дне озера Аксукон, согласно уравнению его водного баланса, составляет:

$$Q_2^{\text{нал}} = Q_3 + Q_4 + Q_5 - Q_1 - Q_2^{\text{р}} = 106,3 \text{ л/с} + 51,6 \text{ л/с} + 5,0 \text{ л/с} - 29,9 \text{ л/с} - 35,0 \text{ л/с} = 98,0 \text{ л/с}$$

Количество солей, поступающих за год с напорными водами неогена

с минерализацией, в среднем, 200 г/л, достигает: $200 \text{ г/л} \times 98,0 \text{ л/с} \times 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 6181056 \cdot 10^5 \text{ г} = 618105,6 \text{ тонн}$.

В соответствии с приведенными расчетами, питание озера Аксукон осуществляется, в основном, за счет разгрузки подземных напорных вод неогена при подчиненном значении грунтового и поверхностного стоков. Вода озера по классификации М.Г.Валяшко /15/ относится к сульфатно-натриевому типу равновесной системы озерного раствора и по составу близка к рассолам гипсоносной свиты неогена (табл. 5.4).

Минерализация воды в озере Аксукон достигает своих максимальных значений (до 300 г/л) в конце лета, весной же, во время прохождения селей, она снижается до 60,5 г/л за счет разбавления озерного рассола пресными водами селевых потоков, с минерализацией, не превышающей 0,3 г/л (табл. 5.5). Состав воды становится хлоридно-кальциевым, тип равновесной системы озерного раствора меняется на хлоридный.

Запасы солей в озере Аксукон значительны. При средних многолетних минерализации воды 200 г/л и объеме $1,96 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ они достигают $392 \cdot 10^3$ тонн. Суммарное поступление солей в озеро с поверхностными, грунтовыми и напорными водами за год составляет: $84395,5 \text{ т} + 7726,3 \text{ т} + 618105,6 \text{ т} = 710227,4 \text{ тонн}$, что почти в 2 раза превышает их запасы. Такое прогрессирующее накопление солей, по-видимому, должно было привести к тому, что за каких-нибудь 2-3 года озеро Аксукон превратилось бы в настоящий соленый айсберг. Этому, однако, препятствует ветер.

Существенная и основная расходная статья солевого баланса озера Аксукон — эоловый перенос солей в сторону Камыш-Курганской межгорной впадины. Скорости ветра в районе озера могут составлять 18-22 м/с и достигать в отдельные дни силы урагана (рис. 5.4).

"При таких ветрах, — пишет Г.Д.Мямлин /51, с.94/ , — невозможно

Таблица 5.4.

Химический состав подземных вод палеоген-неогеновых отложений
(по А.Г.Амелину и В.Е.Онуфрею, 1960)

№ скв	Название скважины	Геологический слой	Плотный остаток, г/л	Содержание ионов	Анионы				Катионы				Формула	
					HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺			
3	п бурая		4,3	г/л	0,079	0,400	1,234	0,377	0,044	0,981				
				мг-экв	1,3	11,3	25,7	18,9	3,7	15,7				$M_{4,3} \frac{SO_{67}^4 Cl_{29} HCO_3}{Ca_{49} Na_{41} Mg_{10}}$
				% мг-экв	3,37	29,45	67,18	49,25	9,59	41,15				
4	п гипсоносная		231,2	г/л	0,097	129,460	14,650	0,716	0,264	89,720				
				мг-экв	1,6	3646,8	305,2	35,8	22,0	3895,8				$M_{231,2} \frac{Cl_{92} SO_8}{Na_{98} Ca_{11} Mg_1}$
				% мг-экв	0,04	92,24	7,72	0,91	0,56	98,54				
10	п соленосная		335,5	г/л	0,128	187,600	15,710	0,281	0,322	128,200				
				мг-экв	2,1	5284,5	327,3	14,1	26,8	5573,0				$M_{335,5} \frac{Cl_{94} SO_6}{Na_{99}}$
				% мг-экв	0,04	94,10	5,83	0,25	0,48	99,27				

Таблица 5.5

Динамика минерализации воды в озере Аксукон (данные Института "Союзгидроводхоз")

Дата отбора проб	Плотный остаток, г/л	Единицы измерения			Анионы			Катионы			Формула Курлова
		г/л	мг-экв	% мг-экв	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	
II. 1958	113,5	0,214	63,561	5,226	0,456	0,249	42,812	22,7	20,9	1861,4	$M_{113,5} \frac{Cl_{94} SO_4}{Na_{98}}$
		3,5	1792,4	108,7	1,2	1,1	97,7	1,2	1,1	97,7	
		0,2	94,1	5,7							
IV. 1958	60,5	0,204	31,780	6,625	13,190	0,177	8,386	13,190	14,5	364,6	$M_{60,5} \frac{Cl_{86} SO_4}{Ca_{63} Na_{35}}$
		3,3	896,2	137,8	658,2	14,5	364,6	658,2	14,5	364,6	
		0,3	86,4	13,3	63,4	1,4	35,2	63,4	1,4	35,2	
УШ. 1956	309,6	0,546	141,142	56,136	-	5,892	107,5	-	484,3	4672,5	$M_{309,6} \frac{Cl_{77} SO_4}{Na_{91} Mg_9}$
		8,9	3980,2	1167,6	-	484,3	4672,5	-	484,3	4672,5	
		0,2	77,2	22,6	-	9,4	90,6	-	9,4	90,6	
X. 1977	206,5	0,098	126,025	4,056	0,890	0,462	81,757	0,890	38,5	3553,1	$M_{206,5} \frac{Cl_{98}}{Na_{98}}$
		1,6	3550,0	84,5	44,5	38,5	3553,1	44,5	38,5	3553,1	
		0,04	97,6	2,3	1,2	1,1	97,7	1,2	1,1	97,7	

было выходить из помещений, так как в воздух поднимаются не только пыль, но и мелкие щепенистые камни, секущие кожу лица и рук, а переносимые ветром с озера брызги соленой воды делали одежду мокрой и просоленной". Соленые брызги и твердые частички соли поднимаются высоко в воздух и переносятся на большие расстояния. Озеро Аксукон является грандиозным поставщиком солей в сторону Камыш-Курганской межгорной впадины и в р.Сыр-Дарью. Золотой солеперенос, с учетом допущения существования подземного стока из озера через ущелье Караварак в р.Сыр-Дарью, в итоге составляет: $710227,4 \text{ т} - 20971,4 = 689256,0$ тонн легкорастворимых солей в год.

Количественная оценка поступления легкорастворимых солей из атмосферы на поверхность солончаков центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины проведена нами в ходе полевого эксперимента летом 1978 г на опытном ключевом участке, где была установлена деревянная рамка с полиэтиленовой пленкой, смазанной глицерином для ассимиляции на её поверхности пыли, переносимой ветром. Время экспозиции рамки выбрано произвольно — от 7 до 18 суток. По истечению срока каждой экспозиции пленка во внутреннем квадрате рамки извлекалась и заменялась на новую. Общая продолжительность опыта составила 42 суток (с 18/УП по 29/УШ).

Дальнейшая обработка пленок с фиксированной на них пылью выполнена в химической лаборатории кафедры физической географии СССР географического факультета МГУ при консультации ст.инженера этой кафедры Т.П.Безруковой. Каждая пленка тщательно промывалась дистиллированной водой в объеме 1 л. Полученная таким образом суспензия была отфильтрована и исследована по методике стандартного расширенного анализа водной вытяжки с определением щелочей по разности (табл. 5.6).

При обработке результатов анализа водной вытяжки сумма катионов оказалась в 3-3,5 раза выше суммы анионов. Проведенная 3-х

Таблица 5.6.

Содержание легкорастворимых солей в водной вытяжке из пыли, переносимой ветром в пределах Камыш-Курганской межгорной впадины (данные автора)

№ опы-та	Время экспозиции, сутки	РН	Плотный остаток, мг/л	Единицы измерения	АНИОНЫ			КАТИОНЫ			Нап-рав-лене вет-ра, м/с	Ско-рость вет-ра, м/с	N*	
					HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+				K^+
1с	8	9,2	6559,1	мг/л	109,8	154,1	2257,4	405,8	26,8	3595,7	9,5	108	3,7	819,9
2с	7	8,1	7714,0	мг/л	122,0	290,7	2245,4	613,8	41,6	4385,0	15,5	108	3,2	1102,0
3с	9	7,1	6209,0	мг/л	94,5	256,7	2257,4	752,4	29,6	2806,4	12,0	108	2,7	689,9
4с	18	6,5	4909,7	мг/л	79,3	239,6	2269,0	712,8	11,9	1578,6	18,5	108/св	1,7	272,8

* Примечание: N - количество пыли, поступившее из атмосферы за 1 сутки на 1 м² поверхности солончака (мг)

кратная контрольная проверка исключила возможность ошибки, тем более что в вытяжках не были определены нитрат и нитрат-ионы, которые в пустынных районах часто и в больших количествах накапливаются на солончаках вследствие испарительной концентрации /24/.

Состав легкорастворимых солей, переносимых ветром, преимущественно сульфатно-натриевый при подчиненном значении хлоридов, что соответствует составу пористой солевой корки на поверхности озера Аксукон, а также составу "пухлых" сульфатно-натриевых солончаков, верхние солевые горизонты которых легко выдуваются ветром.

Как видно из таблицы 5.6., pH водной вытяжки имеет щелочную или близкую к нейтральной реакции. Лишь в опыте 4с pH снижается до 6,5, что связано с выпадением в этот период наблюдений осадков ливневого характера, очевидно имеющих кислую реакцию.

По данным метеостанции Джарбулак, расположенной на восточной границе Камыш-Курганской межгорной впадины, скорости ветра за период наблюдений составляли от 1 до 3 м/с, максимальные скорости ветра на площадке, где проводились наблюдения, были несколько выше зафиксированных станцией и по нашим расчетам составили от 1,7 до 3,7 м/с. Вычисления были сделаны путем экстраполяции многолетних скоростей ветра (см. табл. 5.1).

Выявляется определенная зависимость поступления легкорастворимых солей на поверхность солончаков от скорости ветра. Чем сильнее ветер, тем, до определенного предела, больше солей переносится. Исключением является некоторое снижение количества переносимой ветром пыли в опыте № 1 (см. табл. 5.6), где зафиксирована максимальная в данном эксперименте скорость ветра (3,7 м/с). Вероятно, это — случайная величина, так как число наблюдений невелико и не позволяет провести статистическую обработку полученных результатов. Однако не исключено, что причиной тому является ослабление процесса

осаждения солей при сильных ветрах; соляная пыль может подниматься высоко в воздух и переноситься на большие расстояния. Так, с акватории Каспийского моря при сильных ветрах соли могут выноситься на расстояния до I тыс. км от берега. Доля эолового солепереноса на сушу в водно-солевом балансе Каспия достигает 30% от поступления солей в море с материковым стоком, что может служить причиной засоления почв на морском побережье /14/. Например, на полуострове Мангышлак на расстоянии I,5 км от берега моря за 69 дней летнего периода 1966 г эоловое поступление солей на поверхность составило 67 т/км^2 или 350 т/км^2 за год /там же, с.47/.

На основании результатов химических анализов пыле-солевого материала, накапливающегося на экспериментальной площадке и учета скорости ветра, был произведен расчет возможного поступления солей за летний период на поверхность солончаков в пределах аккумулятивной ступени КЛГС.

За летний период 1978 г при средней скорости ветра 2,7 м/с суммарный эоловый перенос легкорастворимых солей (местное перевывание солей ветром с поверхности солончаков плюс поступление солей из атмосферы, со стороны озера Аксукон) составил здесь:

$$Q = \bar{q} \times n \times 10^{-3} \text{ т/км}^2 = 721,1 \times 92 \times 10^{-3} = 66 \text{ т/км}^2,$$

где \bar{q} — среднеарифметическое количество солей, поступивших за сутки на 1 м^2 поверхности солончаков, мг;

n — летний период с июня по август, сутки.

Выводы.

I. Проведенный эксперимент позволяет количественно оценивать масштабы эолового переноса солей для тех территорий, где воздушная миграция играет немаловажную роль. Намечающаяся в данном случае прямая корреляционная связь между скоростью ветра и количеством приносимой им с пылью легкорастворимых солей требует дальнейшей

проверки.

2. При допущении стационарности процесса поступления солей из атмосферы в течение всего года в пределы аккумулятивной ступени каскадной ландшафтно-геохимической системы, здесь ежегодно накапливается $66 \text{ т/км}^2 \times 4 = 264 \text{ т/км}^2$ легкорастворимых солей. Полученные данные ориентировочны, поскольку условия проведения эксперимента по учету эолового переноса солей допускают местное локальное перевевание солей с поверхности близлежащих солончаков и не учитывают их вынос за пределы Камыш-Курганской межгорной впадины. Однако по этим данным можно судить о порядке величины поступления солей на поверхность из атмосферы.

Глава 6. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ФЕРГАНЫ
ПО ИОННО-СОЛЕВОМУ СТОКУ И АККУМУЛЯЦИИ ЛЕГКОРАСТВОРИ-
ВОРИМЫХ СОЛЕЙ

В основу ландшафтно-геохимического районирования изучаемой территории по ионно-солевому стоку и аккумуляции легкорастворимых солей положена модель водной миграции легкорастворимых солей в пределах каскадной ландшафтно-геохимической системы, построенная с учетом регионального водно-солевого баланса.

Водный баланс южного склона Кураминского хребта, согласно В.А.Борисову /12/, описывается следующей формулой:

$$x = y + z + u \quad , \text{ где}$$

- x - поступление атмосферных осадков на водосборную площадь Кураминского хребта, м³/с;
- y - сток горных рек (саев), направленный в Камыш-Курганскую межгорную впадину, м³/с;
- z - испарение с площади водосборного бассейна, м³/с;
- u - суммарный подземный сток, формирующийся за счет инфильтрации поверхностных вод саев в рыхлые четвертичные отложения конусов выноса и подземных вод зоны региональной трещиноватости, которые разгружаются на контакте скальных пород палеозоя и четвертичных отложений конусов выноса, м³/с.

Среднегодовое количество осадков, выпадающих на южном склоне

Кураминского хребта в пределах основной зоны формирования стока (отметки 1500-3000 м), составляет 295 мм/год или $295 \cdot 10^6$ л/км² в год (табл. 6.1).

Таблица 6.1.

Основные сведения о составляющих уравнения водного баланса южного склона Кураминского хребта (по В.А.Борисову, 1970)

Количество участков	Площадь района, км ²	Приход		РАСХОД						
		Норма осадков, мм/год	Норма испарения, мм/год	Речной сток*	Подземный отток* (динамические запасы)			В палеозойских породах		
		%	% от осадков	Всего	Поверхностная	Подземная	В вертикальных отложениях	В зонах трещиноватости	В зонах трещиноватости	В зонах трещиноватости
18	1387,5	<u>294,6</u> 100	<u>143,2</u> 48,9	4365	806	3559	1576	680	653	27
				<u>99,0</u> 33,4	<u>19,4</u> 6,4	<u>79,6</u> 27,0	<u>36,9</u> 12,5	<u>5,5</u> 5,2	<u>14,8</u> 5,0	<u>0,7</u> 0,2

* Цифра над дробью - среднегодовой расход (л/с), дробь: в числителе - норма слоя (мм/год), в знаменателе - коэффициент стока.

Минерализация талых и дождевых вод очень мала - 0,05-0,06 г/л. Дождевые воды имеют гидрокарбонатно-натриево-кальциевый состав, талые воды - хлоридно-сульфатно-натриевый (табл. 6.2)

Таблица 6.2.

Химический состав жидких и твердых атмосферных осадков, выпадающих в пределах Западного Тянь-Шаня, мг/л (по Л.Ф.Камалову, 1972)

Окончание таблицы 6.2.

№ п/п	абс. $\frac{1}{2}$ мест-ности	Плотный остаток		Анионы						Катионы				Формула Курлова		
		до-ждь	снег	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	$Na^+ + K^+$	до-ждь	снег	до-ждь	снег			
1	I400	68	32	24	4	II	2	I6	II	I2	4	нет	нет	IO	2	<i>для дождя</i> M _{0,05} $\frac{HCO_3^3 Cl_2 SO_4^4}{Na_56 Ca_{44}}$
2	I400	58	46	I7	IO	8	II	II	II	4	4	"	"	II	II	<i>для снега</i> M _{0,05} $\frac{Ca_{40} SO_4^3 HCO_3^3}{Na_{68} Ca_{32}}$
3	I400	60	56	22	I6	5	I3	I6	8	4	5	"	"	I4	I2	

* Формула химического состава дождя и снега выведена автором на основе осредненных значений по данным 3^X повторных измерений.

Причина качественного различия в химическом составе жидких и твердых атмосферных осадков пока не выяснена. По мнению О.А.Алекина /4/ повышенное содержание сульфатов в снеге связано со сжиганием топлива в зимнее время. Нам представляется, что здесь вероятно сказывается влияние низкотемпературного геохимического барьера, возникающего в атмосфере при формировании твердых осадков, на котором растворимость сульфатов натрия резко снижается и выпавший снег "хранит" их до весны.

Количество легкорастворимых солей, поступающих за год с жидкими и твердыми атмосферными осадками на водосборную территорию южного склона Кураминского хребта, при средней их минерализации равной 0,055 г/л, составляет 0,055 г/л x 295 · 10⁶ л/км² = 16,2 т/км².

Ввиду глыбового характера дислокаций Кураминского хребта, которые осложнены разрывными нарушениями широтного и северо-восточного простирания, имеющими протяженность от 10 до 100 км и амплитуду горизонтального и вертикального смещений от 0,4 км до 10 км, большое значение в обводненности всего района приобретает водонос-

ный комплекс трещиноватых скальных пород палеозоя. Выпадающие в пределах хребта атмосферные осадки образуют динамические запасы подземных вод названного комплекса.

Трещинные подземные воды скальных пород палеозоя разгружаются в аллювиальных отложениях долин горных рек, а также в виде родников на склонах гор. Родники имеют минерализацию 0,25 г/л и гидрокарбонатно-кальциевый состав (табл. 6.3)

Таблица 6.3.

Химический состав трещинножилых вод в гранитах и палеозойских известняках Кураминского хребта (по М.С.Салмину, 1932)

Водоносный комплекс	Единицы измерения	Анионы			Катионы			Формула Курлова
		HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	
Граниты	г/л	0,262	0,006	0,017	0,66	0,006	0,024	$M_{0,25} \frac{\text{HCO}_{89}^3 \text{SO}_8^4 \text{Cl}_3}{\text{Ca}_{68} \text{Na}_{22} \text{Mg}_{10}}$
	мг-экв	4,30	0,16	0,36	3,28	0,50	1,04	
	% мг-экв	89	3	8	68	10	22	
Известняки	г/л	0,205	0,004	0,025	0,54	0,009	0,017	$M_{0,25} \frac{\text{HCO}_{82}^3 \text{SO}_{13}^4 \text{Cl}_5}{\text{Ca}_{66} \text{Na}_{19} \text{Mg}_{15}}$
	мг-экв	3,36	0,11	0,53	2,71	0,71	0,80	
	% мг-экв	82	5	13	66	15	19	

Таким образом, химический состав поверхностных вод саяв формируется из гидрокарбонатных трещинных вод, циркулирующих в скальных породах палеозоя, а также — талых и дождевых атмосферных вод, стекающих со склонов хребта вне зоны региональной трещиноватости. Талые и дождевые воды растворяют и выносят сульфаты из палеогидроморфных почв гипсовых пустынь домелового пепелена и зон окисления сульфидных месторождений. Выносом таких сульфатов с поверхности водораздела Кураминского хребта мы объясняем повышенное со-

держание иона SO_4^{--} в водах саев (до 37% мг-экв против 8-13% мг-экв в трещинно-жильных водах).

Таблица 6.4.

Химический состав вод саев южного склона Кура-минского хребта (по Х.И.Ишанджанову, 1973)

Названия саев	Анионы, мг-экв			Катионы, мг-экв			Формула Курлова
	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	
Пунук	2,00	0,49	1,15	2,10	1,50	0,04	$M_{0,1} \frac{HCO_{55}^3 SO_{32}^4 Cl_{13}}{Ca_{58} Mg_{41}}$
Ашт	2,39	0,29	1,02	1,80	0,83	0,07	$M_{0,2} \frac{HCO_{64}^3 SO_{22}^4 Cl_8}{Ca_{49} Na_{29} Mg_{22}}$
Гудас	2,39	0,39	1,17	2,50	0,17	1,28	$M_{0,3} \frac{HCO_{60}^3 SO_{30}^4 Cl_{10}}{Ca_{63} Na_{32} Mg_{4}}$
Ашаба	3,20	0,18	0,94	2,60	0,58	0,14	$M_{0,3} \frac{HCO_{74}^3 SO_{22}^4 Cl_4}{Ca_{60} Na_{26} Mg_{13}}$
Пангаз	2,51	0,24	1,60	3,35	0,92	0,08	$M_{0,3} \frac{HCO_{38}^3 SO_{37}^4 Cl_5}{Ca_{77} Mg_{21} Na_2}$
Дагана	2,70	0,25	1,25	3,10	1,08	0,02	$M_{0,2} \frac{HCO_{64}^3 SO_{30}^4 Cl_6}{Ca_{74} Mg_{26}}$

Среднегодовой модуль выноса легкорастворимых солей с водосборной (элювиальной) ступени каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы составляет $40,3 \text{ т/км}^2$ в год при исходном поступлении туда $16,2 \text{ т/км}^2$ в год легкорастворимых солей с атмосферными осадками (табл. 6.5).

Таблица 6.5

Водно-солевой баланс элювиальной ступени
КЛПС Северо-Западной Ферганы

Окончание таблицы 6.5

Площадь ступени каскада, км ²	Приход		Расход		Модуль выноса легко-растворимых солей, т/км ² в год	
	Атмосферные осадки		Горные реки (сток во впадину)	Испарение		
1185,9	$\frac{11,10^{\#}}{0,055}$	16,2	$\frac{5,05}{0,3}$	40,3	$\frac{5,43}{0,055}$ 7,9	40,3

* Примечание: в числителе - величина приходных и расходных статей водного баланса элювиальной ступени КЛГС, М³/с; в знаменателе - минерализация вод, г/л; цифра справа - модуль выноса легко-растворимых солей, т/км² в год.

Таким образом, с территории водосборной площади Кураминского хребта (элювиальной ступени КЛГС Северо-Западной Ферганы) за вычетом солей, поступающих с осадками, дополнительно мобилизуется еще 24 т/км² легко-растворимых солей из скальных трещиноватых пород палеозоя и с древних денудационных поверхностей неогеновых пустынь и выносятся горными реками в Камыш-Курганскую межгорную впадину.

Транзитная ступень каскада, занимающая область предгорных конусов выноса, характеризуется отсутствием поверхностного стока и ведущей ролью подземного оттока в Камыш-Курганскую межгорную впадину. Повышенное содержание сульфатов в подземных водах транзитной ступени каскада, широко используемых здесь для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и орошения хлопчатника, по-видимому связано с растворением гипса в процессе фильтрации подземных вод через толщу рыхлообломочных четвертичных отложений конусов выноса.

Минерализация подземных вод в целом существенно не меняется, сохраняя величину плотного остатка 0,3 г/л и гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевый состав, унаследованный от состава поверхностных вод саев.

В питании подземных вод транзитной ступени КЛПС Северо-Западной Ферганы участвуют и атмосферные осадки, среднегодовое количество которых в области предгорных конусов выноса (отметки 500–1500 м) составляет 215 мм (или $7,43 \text{ м}^3/\text{с}$), а доля испарения возрастает здесь до 65% против 48,9% в области формирования стока на отметках 1500–3000 м /57/.

Таким образом, из 215 мм осадков, выпадающих в области транзитной ступени каскада площадью 1089,8 км² в питании её подземных вод участвует $7,43 \text{ м}^3/\text{с} \times 0,35 = 2,60 \text{ м}^3/\text{с}$ атмосферных осадков.

Модуль подземного притока по контакту скальных пород Кураминского хребта с рыхлыми четвертичными отложениями конусов выноса равен 7 л/сек на I погонный километр (В.А.Борисов, 1970). Отсюда, подземный приток по контакту рассчитан как суммарный для участков соседних долин саев /57/:

1) Дагана – Пангаз : $8,57 \text{ км} \times 7 \text{ л/с} = 0,060 \text{ м}^3/\text{с}$;

2) Пангаз–Ашаба: $47,7 \text{ км} \times 7 \text{ л/с} = 0,334 \text{ м}^3/\text{с}$;

3) Ашаба–Гудас: $28 \text{ км} \times 7 \text{ л/с} = 0,196 \text{ м}^3/\text{с}$;

4) Гудас–Ашт: $28,1 \text{ км} \times 7 \text{ л/с} = 0,197 \text{ м}^3/\text{с}$;

5) Ашт–Пунук: $18 \text{ км} \times 7 \text{ л/с} = 0,126 \text{ м}^3/\text{с}$,

Итого: $0,91 \text{ м}^3/\text{с}$

По данным Северной гидрогеологической экспедиции Управления геологии при Совете Министров Таджикской ССР питание подземных вод конусов выноса за счет инфильтрации поверхностных вод саев составляет 86% от их поверхностного стока и равна: $5,05 \text{ м}^3/\text{с} \times 0,86 = 4,34 \text{ м}^3/\text{с}$.

Расход подрусловых потоков определен по данным бурения и опытных откачек в скважинах на поперечных створах через долины саев (табл. 6.6)

Таблица 6.6

Расходы подрусловых потоков саев южного склона Кураминского хребта (по Х.И.Ишанджанову, 1973)

Названия поперечных створов через долины саев	Средний коэффициент фильтрации водоносной горизонты, м/сутки	Гидравлический уклон	Средняя площадь поперечного сечения водоносных горизонтов, м ²	Расходы подрусловых потоков, м ³ /с
Даганинский	26,4	0,0441	8350	0,112
Пангазский	8,4	0,0441	56400	0,242
Ашабинский	5,5	0,0618	91500	0,360
Гудасский	4,0	0,0479	31832	0,070
Аштский	3,1	0,0479	49700	0,087
Пунукский	8,7	0,0341	50800	0,174

Итого: 1,05 м³/с

Таким образом, подземный приток в пределы озерно-пролювиальной равнины Камыш-Курганской межгорной впадины (аккумулятивной ступени каскада) из области транзитной ступени КЛГС Северо-Западной Ферганы складывается из инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод саев, а также подрусловых потоков и подземного притока по контакту скальных пород палеозоя с рыхлыми четвертичными отложениями конусов выноса: $2,60 \text{ м}^3/\text{с} + 4,34 \text{ м}^3/\text{с} + 1,05 \text{ м}^3/\text{с} + 0,91 \text{ м}^3/\text{с} = 8,90 \text{ м}^3/\text{с}$

Количество легкорастворимых солей, вынесенных за год из области транзитной ступени каскада с потоком подземных вод в Камыш-Курганскую межгорную впадину составляет: $0,3 \text{ г/л} \times 8900 \text{ л} \times 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 84,2 \cdot 10^3 \text{ тонн}$. Отсюда модуль выноса легкорастворимых солей с площади транзитной ступени каскада, равной $1089,8 \text{ км}^2$ в Камыш-Курганскую межгорную впадину, достигает величины $77,3 \text{ т/км}^2$ в

год (табл. 6.7). Это вдвое превышает соответствующий модуль элювиальной ступени каскада, что, как отмечено выше, вызвано растворением гипса в рыхлообломочных четвертичных отложениях конусов выноса.

Таблица 6.7.

Водно-солевой баланс транзитной ступени
КЛГС Северо-Западной Ферганы

Площадь транзитной ступени каскада, км ²	Приход			Расход			Модуль выноса легкорастворимых солей, т/км ² в год
	инфильтрация атмос-ферных осадков	Подземные воды	Приток по контакту	Испарение	Отток в пределы аккумулятивной ступени КЛГС		
1089,8	$\frac{2,60^*}{0,055}$ 4,1	$\frac{5,39}{0,3}$ 16,8	$\frac{0,91}{0,3}$ 7,9	$\frac{4,83}{0,055}$ 7,7	$\frac{8,90}{0,3}$ 77,3		77,3

* Примечание: в числителе - величина приходных и расходных статей водного баланса транзитной ступени КЛГС, м³/с; в знаменателе - минерализация вод, г/л; цифра справа - модуль поступления или выноса легкорастворимых солей, т/км² в год.

Конечная ступень каскадной ландшафтно-геохимической системы Северо-Западной Ферганы - область аккумуляции площадью 110,2 км², которая в геоморфологическом отношении представляет собой озерно-пролювиальную равнину в пределах абсолютных отметок 400-500 м, имеющую общий уклон в юго-восточном направлении, к центру Ферганской впадины. Озерно-пролювиальная равнина характеризуется широким распространением солончаков в западной, почти не освоенной под орошение, части территории в комплексе с лугово-сероземными, луговыми, лугово-болотными и болотными почвами. Глубина залегания уровня грунтовых вод колеблется здесь от 1,5 до 3,0 м. Полузамкнутость

Таблица 6.8

Содержание легкорастворимых солей в почвах аккумулятивной ступени КЛПС Северо-Западной Ферганы (составлена автором по данным солевой съемки, проведенной институтом "Союзгипропроводхоз" в 1969 г., м-б 1:25000)

№ п/п	Название почв	Площадь почвенных контуров		Солесодержание легкорастворимых солей в слое						
		км ²	в % от общей площади	0 - 1,0 м			0 - 2,0 м			
				%	т/км ²	общие запасы, т	%	т/км ²	Общие запасы, т	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Болотные аллювиальные	0,47	0,4	0,40	7000	3290,0	-	-	3290	
2	Лугово-болотные	3,22	2,9	0,55	9630	31008,6	-	-	31008,6	
3	Луговые орошаемые	45,71	41,5	0,64	11200	511952,0	1,01	35350	1615848,5	
4	Лугово-сероземные	3,06	2,8	0,65	11370	34807,5	1,55	54250	166005,0	
5	Луговые	6,14	5,6	0,66	11550	70917,0	0,89	31150	191261,0	
6	Лугово-болотные орошаемые	1,86	1,7	0,70	12250	22785,0	0,90	31500	58590,0	
7	Солончаки	35,21	31,9	2,63	46030	1620540,2	3,67	128450	4522724,5	
	Σ	95,67	км ² (86,8 %)			2295300,3 т			6588727,6 т	
8	В том числе площадь поселков (квот-шляков)	14,53	(13,2 %)							
	Σ	110,2	км ² (100%)							

впадины, вызванная наличием адырной гряды Супе-Тау на её южной границе, затрудняет свободный отток подземных вод в р.Сыр-Дарью, способствует их разгрузке через испарение. Легкорастворимые соли, приносимые потоком подземных вод из областей элювиальной и транзитной ступеней каскада постепенно накапливаются здесь (табл.6.8). Таким образом, широкое засоление почв аккумулятивной ступени каскада связано не только с действием мощного испарительного барьера, но и с постоянным поступлением солей из элювиальной и транзитной ступеней каскада.

Как видно из табл. 6.8, запасы солей в верхнем горизонте почв мощностью 1,0 м аккумулятивной ступени КЛПС Северо-Западной Ферганы составляет почти 2,3 млн.тонн, в зоне аэрации мощностью, в среднем, 2,0 м — 6,6 млн.тонн. Автором сделана попытка рассчитать время, за которое могли бы накопиться здесь за счет испарения грунтовых вод столь большие запасы легкорастворимых солей в почво-грунтах. Согласно лизиметрическим наблюдениям, проводимым Кайрак-Кумской гидрогеологической партией СГГЭ в восточной части Камыш-Курганской межгорной впадины (опытный участок в пос.Джарбулак), испарение с орошаемых площадей намного выше, чем с целинных земель, что объясняется их засоленностью и низкими капиллярными свойствами пухлых корок на поверхности сульфатно-натриевых солончаков /50/.

Таблица 6.9.

Среднегодовая величина испарения грунтовых вод Камыш-Курганской межгорной впадины за период 1964-1977г (по Х.И.Ишанджанову, 1973)

Глубина залегания уровня! грунтовых вод, м	Испарение, мм/год		
	Целинные земли	Орошаемая территория (хлопчатник)	
I	1	2	3
0 - I	145,3	900,0	

Окончание таблицы 6.9.

I	!	2	!	3
I - 2		134,1		734,0
2 - 3		21,1		829,0

Если величину испарения с уровня грунтовых вод на глубине 0,5 м от поверхности принять за 100%, тогда испарение на глубинах 1,0 м; 1,5 м; 2,0 м; 2,5 м; 3,0 м составит соответственно 11,2; 9,3; 0,9; 2,1% и 0%. Следовательно, при мощности зоны аэрации более 3,0 м испарение практически прекращается.

В ходе испарения грунтовых вод аккумулятивной ступени каскада с минерализацией, в среднем, 4 г/л происходит ежегодное накопление легкорастворимых солей в зоне аэрации. Согласно нашим расчетам (табл.6.10) модуль аккумуляции солей в почвах из грунтовых вод вследствие их испарения равен $\sim 2 \cdot 10^3$ т/км²; отсюда время накопления запасов легкорастворимых солей в зоне аэрации составляет: $69 \cdot 10^3$ т/км² : $2 \cdot 10^3$ т/км² = 34,5 года, что указывает на значительную скорость соленакпления на испарительном барьере в пределах аккумулятивной ступени КЛПС Северо-Западной Ферганы.

Запасы легкорастворимых солей в грунтовых водах аккумулятивной ступени каскада вычислены по формуле $N = V \cdot M$, где

V - объем воды, заключенный в водоносном горизонте грунтовых вод, дм³ (л);

M - минерализация грунтовых вод, г/л.

Средняя мощность водоносного горизонта грунтовых вод по данным 12^И скважин 3^Х геолого-геохимических арофилей принята равной 1,0 м, коэффициент пористости водовмещающих песков и супесей - 0,45 /65/. Отсюда, запасы солей в грунтовых водах аккумулятивной ступени каскада площадью 110,2 км² равны: $110,2 \cdot 10^9$ дм³ х 0,45 х

Таблица 6.10.

Концентрация легкорастворимых солей в
верхних горизонтах почв аккумулятивной
ступени КЛГС Северо-Западной Ферганы в
ходе испарения грунтовых вод

№ п/п	Названия почв	Площади с одинаковой глубиной залегания грунтовых вод, км ²			Испарение с уровня грунтовых вод, мм	Концентрация солей из грунтовых вод у поверхности	
		0-1 м	1-2 м	2-3 м		Т/км ² в год	Т в год
1	Болотные аллювиальные	0,47	-	-	145,3	581	273
2	Лугово-болотные	3,22	-	-	145,3	581	1871
3	Луговые орошаемые	-	22,85	-	734,0	2936	67088
4	Луговые орошаемые	-	-	22,85	829,0	3316	75771
5	Лугово-сероземные	-	3,06	-	134,1	536	1641
6	Луговые	3,07	-	-	145,3	581	1784
7	Луговые	-	-	3,07	21,1	84	259
8	Лугово-болотные орошаемые	1,86	-	-	900,0	3600	6696
9	Солончаки	10,56	-	-	145,3	581	6137
10	Солончаки	-	24,65	-	134,1	536	13222

Σ = 174742 т

* Примечание: минерализация грунтовых вод аккумулятивной ступени каскада принята равной 4,0 г/л

$\times 4 \text{ г/л} = 49,6 \cdot 10^9 \text{ л} \times 4 \text{ г/л} = 198,4 \cdot 10^9 \text{ г} \sim 200 \text{ тыс. тонн.}$

Запасы легкорастворимых солей в зоне активного водообмена мощностью 70–90 м рассчитаны на основе осредненных данных по засолению рыхлых четвертичных отложений (0,217%), полученных в результате статистической обработки водных вытяжек из пород различного гранулометрического состава (см. табл. 4.1). Объемный вес рыхлых четвертичных отложений Камыш-Курганской межгорной впадины, в среднем, составляет 1,75 г/см³ /65/. Отсюда, запасы легкорастворимых солей в зоне активного водообмена аккумулятивной ступени каскада равны: $110,2 \cdot 10^{10} \text{ см}^2 \times 80 \cdot 10^2 \text{ см} \times 1,75 \text{ г/см}^3 \times 0,00217$
 $33,48 \cdot 10^{12} \text{ г} \sim 33,5 \cdot 10^6 \text{ тонн.}$

Из области транзитной ступени каскада сюда поступает ежегодно 77,3 т/км² легкорастворимых солей (см. табл. 6.7), то есть накопление солей в зоне активного водообмена произошло за $33,5 \cdot 10^6 : (77,3 \text{ т/км}^2 \times 110,2 \text{ км}^2) \sim 4000 \text{ лет.}$

При выходе на озерно-пролювиальную равнину единый поток подземных вод образует разрозненные водоносные горизонты в аллювиально-пролювиальных прослоях песков, супесей и гравийно-дресвяных отложений, разделенных слабопроницаемыми толщами озерных суглинков и глин, становясь многоярусным. Горизонт грунтовых вод является нижним структурным ярусом аккумулятивной ступени каскада. Расход грунтового потока вычислен автором по формуле Дарси:

$$Q = K J \omega, \text{ где}$$

Q – расход фильтрационного потока (количество воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени), м/сутки;

K – коэффициент фильтрации водовмещающих пород, м/сутки;

J – напорный градиент (или гидравлический уклон);

ω – поперечное сечение потока, м².

За расчетные показатели приняты уровни грунтовых вод в сква-

жинах I3с и I4с геолого-геохимического профиля Ш-Ш, секущего аккумулятивную ступень каскада в её срединной части. Значения коэффициентов фильтрации песчаных и супесчаных грунтов озерно-пролювиальной равнины равны 3-10 м/сутки /65/. Гидравлический уклон найден из формулы

$$J = \frac{H_1 - H_2}{l}, \text{ где}$$

H_1 — уровень грунтовых вод в скважине, расположенной выше ^{по} потоку, м;

H_2 — уровень грунтовых вод в скважине, расположенной ниже по потоку, м;

l — расстояние между скважинами, м.

Подставляя соответствующие значения в формулы, имеем:

$$1) \quad J = \frac{23,0 \text{ м} - 1,7 \text{ м}}{1512 \text{ м}} = 0,014;$$

$$2) \quad Q = 6,5 \text{ м/сут} \times 0,014 \times 69 \cdot 10^4 \text{ м}^2 = 62790 \text{ м}^3/\text{сут} = 0,73 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Ежегодное поступление легкорастворимых солей с грунтовыми водами в пределы аккумулятивной ступени каскада из области транзита, имеющих до выхода на озерно-пролювиальную равнину минерализацию 0,3 г/л, составляет: $0,3 \text{ г/л} \times 730 \text{ л} \times 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 6,9 \cdot 10^3 \text{ тонн}.$

В целом, для всей обводненной толщи рыхлых четвертичных отложений, выполняющих Камыш-Курганскую межгорную впадину, модуль аккумуляции легкорастворимых солей, ежегодно поступающих с подземными водами из области транзитной ступени каскада, составляет: $84,2 \cdot 10^3 \text{ т} : 110,2 \text{ км}^2 \sim 764 \text{ т/км}^2.$

Хозяйственная деятельность человека, связанная с орошением земель Камыш-Курганской межгорной впадины, способствует дополнительному поступлению легкорастворимых солей с оросительными водами из Северного Ферганского канала (СФК). Канал имеет среднегодовой рас-

ход $3,06 \text{ м}^3/\text{с}$ и минерализацию $1,0 \text{ г/л}$. Таким образом, за год сюда приносится дополнительно 876 т/км^2 легкорастворимых солей. Основным источником водоснабжения и орошения, однако, служат пресные подземные воды в рыхлых пролювиальных отложениях, откачиваемых с помощью скважин вертикального дренажа. Суммарный расход скважин в 1978 году достиг $10,0\text{--}11,0 \text{ м}^3/\text{с}$ (по данным Аштского Управления оросительных систем).

В целом, результирующий модуль аккумуляции легкорастворимых солей аккумулятивной ступени КЛТС Северо-Западной Ферганы, учитывая дополнительные источники поступления солей, а также вынос их с коллекторно-дренажным стоком и региональным подземным оттоком в р.Сыр-Дарью, составляет $4866,5 \text{ т/км}^2$ в год (табл.6.II).

Отсюда, согласно определению каскадного коэффициента геохимического стока, данного в главе 3, находим его значение:

$$B = \frac{4866,5}{40,3} \sim 121$$

Столь высокое значение каскадного коэффициента геохимического стока является, как отмечено выше, следствием особенности тектонического строения территории, формирующего "жесткий каркас" ландшафтно-геохимической системы концентрации (арены), в пределах аккумулятивной ступени которой происходит интенсивное соленакопление на испарительном барьере в условиях слабой отточности грунтовых вод в р.Сыр-Дарью. Это создает определенные трудности для развития орошаемого земледелия в данном районе. Как отмечал В.А.Ковда /34, с.45/, "... при застойных близких грунтовых водах, участвующих в современном водно-солевом режиме почв, соли, приносимые с оросительной водой, будут суммироваться с солями, поступающими от грунтовых вод. Избыточные сверх водоудерживающей способности почвы поливные воды при этом не будут уходить с орошаемой территории, а будут пополнять запасы грунтовых вод, внося туда также и растворен-

ные в них соли. В итоге ... соленакопление под влиянием притока солей с оросительными водами будет протекать особенно быстро".

Накопление солей в корнеобитаемом слое имеет свой предел, выше которого начинается массовая гибель растений /31/. В работе Н.Г.Минашиной /42/ за величину критического содержания солей в почвенном растворе принята его минерализация, равная 10–12 г/л при хлоридно-сульфатном типе засоления. Для поддержания стабильного солевого режима почв ниже критических значений минерализации почвенного раствора, необходимо удалять с дренажным стоком сезонный прирост солей за вегетационный период, который должен полностью срабатываться не более, чем за год /там же, с.242/.

По формуле, предложенной Н.Г.Минашиной /там же, с.255/ для расчета критического дренажного стока, нами проведены соответствующие расчеты для массива орошения "Большой Ашт", расположенного в пределах Камыш-Курганской межгорной впадины (аккумулятивной ступени каскада). Коллекторно-дренажный сток в р.Сыр-Дарью осуществляется через главный коллектор (Ангар-сай), собирающий, в основном, дренажные воды с земель, недавно введенных под орошение. Формула для расчета критического дренажного стока имеет вид:

$$D = \frac{(C - C_1)V}{x} \left(1 + \frac{S}{x} \right), \text{ где}$$

C – концентрация почвенного раствора расчетного слоя на конец вегетационного периода, г/л;

C_1 – то же, на начало вегетационного периода, г/л;

V – влажность почвы на уровне наименьшей влагоемкости за вычетом гигроскопической влаги (как нерастворяющегося объема), мм;

x – минерализация грунтовых вод, г/л;

S – минерализация оросительных вод, г/л.

За расчетный слой принимают слой почвы 0–60 см, так как, согласно статистической обработке данных по соленакоплению в почвах,

в этом слое распределяется прирост солей за период вегетации на площадях с уровнем залегания грунтовых вод от 1,4–1,6 м весной и до 2,0–3,0 м осенью. Кроме того, в слое 0–60 см сосредоточена основная масса корней хлопчатника, которые расходуют более 90% поступающей влаги. Расчет по формуле критического дренажного стока проведен для $V = 180$ мм (осредненное значение минимальной влагоемкости для суглинистых почв на 60-сантиметровый расчетный слой) и $(C-C_T) = 10$ г/л /42/.

Принимая во внимание, что часть дренажного стока используется для орошения земель, примыкающих к Главному коллектору, критический дренажный сток рассчитан как суммарный: $\mathcal{D} = \mathcal{D}_1 + \mathcal{D}_2$:

а) для площади около 2000 га, орошаемой дренажными водами из Главного коллектора (\mathcal{D}_1);

б) для всей остальной площади центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины, равной 8200 га, орошаемой водами из СФК и скважин вертикального дренажа (\mathcal{D}_2).

Минерализация воды в Главном коллекторе колеблется от 1 до 6 г/л в течение вегетационного периода /45/. Сравнительно невысокая минерализация дренажных вод в коллекторах Калям и Узбек-Ақджар, отводящих воду со староорошаемых площадей, редко превышает 2 г/л, что указывает на стабильный режим рассоления почв в течение четырех десятилетий со времени ввода в действие Северного Ферганского канала.

Орошение минерализованными дренажными водами, забираемыми из Главного коллектора, неблагоприятно сказывается на урожайности хлопчатника. Так, при поливах хлопчатника на сероземно-луговых суглинистых почвах Голодной степи водами повышенной минерализации (4,4 г/л и более), статистически доказано снижение его урожайности, а при поливах водой с минерализацией свыше 2,3 г/л начинается процесс ухудшения физических и химических свойств почв и, как след-

ствие, убывание их плодородия /53/.

Поэтому минерализация дренажных вод главного коллектора не должна превышать 2,0-2,3 г/л при поливах ими хлопчатника.

Таким образом, на новоорошаемых площадях центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины суммарный критический дренажный сток с учетом допустимой минерализации дренажных вод составляет 1,9 м³/сек. Приводим соответствующие вычисления:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{10 \cdot 180}{4} \left(1 + \frac{2}{4} \right) = 450 \times 1,5 = 675 \text{ мм} = 0,675 \text{ м} \times 2,0 \cdot 10^7 \text{ м}^2 = \\ &= 1,35 \cdot 10^7 \text{ м}^3 : 315,36 \cdot 10^5 \text{ с} = 0,43 \text{ м}^3/\text{с}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= \frac{10 \cdot 180}{4} \left(1 + \frac{1}{4} \right) = 450 \times 1,25 = 563 \text{ мм} = 0,563 \text{ м} \times 8,2 \cdot 10^7 \text{ м}^2 = \\ &= 4,6 \cdot 10^7 \text{ м}^3 : 315,36 \cdot 10^5 \text{ сек} = 1,46 \text{ м}^3/\text{с}. \end{aligned}$$

$$\text{Остуда, } Q = Q_1 + Q_2 = 0,43 + 1,46 = 1,89 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Снижение минерализации коллекторно-дренажных вод до 2 г/л возможно в результате разбавления их пресной водой с суммарным расходом 0,68 м³/с. Расчет сделан по формуле, заимствованной из работы И.Н.Степанова и Э.И.Чембарисова /80/ по вычислению прогнозной минерализации воды:

$$M = \frac{M_1 Q_1 + M_2 Q_2}{Q_1 + Q_2}, \text{ где}$$

M — минерализация, получаемая в результате смешивания вод (в нашем случае — 2,0 г/л), г/л;

M_1 — исходная минерализация воды (для Главного коллектора равна 4,0 г/л), г/л;

M_2 — минерализация пресных вод (в нашем случае — 0,3 г/л), г/л;

Q_1 — коллекторно-дренажный сток (для главного коллектора равен 0,582 м³/сек по данным Таджикского НИИ почвоведения, 1978), м³/с;

Q_2 — расход пресных вод, м³/с.

Остюда находим:

$$Q_2 = \frac{Q_1 (M_1 - M)}{M - M_2} = \frac{0,582(4-2)}{2-0,3} = \frac{1,164}{1,7} = 0,68 \text{ м}^3/\text{с}$$

Источником пресных вод для разбавления дренажных вод в Главном коллекторе послужат пресные подземные воды, откачиваемые из скважин вертикального дренажа. Использование подземных вод может проводиться при непрерывной подаче воды из ряда скважин непосредственно в Главный коллектор с суммарным расходом $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$, минус поля орошения.

Следовательно, в целях обеспечения стабильного солевого режима новоорошаемых земель центральной части Камыш-Курганской межгорной впадины возникает необходимость соблюдения следующих условий:

- 1) снижение минерализации коллекторно-дренажных вод до 2 г/л , частично применяемых как возвратные воды для орошения хлопчатника;
- 2) увеличение расхода суммарного критического коллекторно-дренажного стока в р.Сыр-Дарью в $1,3-1,5$ раз (до $1,9 \text{ м}^3/\text{с}$).

Возрастание сброса дренажных вод в р.Сыр-Дарью, опресненных до 2 г/л , не вызовет увеличения минерализации речных вод, поскольку, согласно прогнозным расчетам, минерализация воды в р.Сыр-Дарье достигнет $2,0-3,5 \text{ г/л}$ уже к 1980 г /7,46,80/.

В заключении главы коротко остановимся на некоторых основных моментах:

1. Согласно схеме районирования КЛГС Северо-Западной Ферганы (рис.6.1) по ионно-солевому стоку и аккумуляции легкорастворимых солей, изучаемая территория относится к системам концентрации (аренам), а чем свидетельствует каскадный коэффициент геохимического стока, на два порядка превышающий единицу ($6 \sim 121$).

2. Время, необходимое для накопления запасов легкорастворимых

солей в зоне аэрации (6,6 млн.т) и грунтовых водах (0,2 млн.т) в пределах аккумулятивной ступени каскада, составляет всего 30-35 лет.

3. Ввод новых земель под орошение способствует интенсификации процесса соленакопления на изучаемой территории.

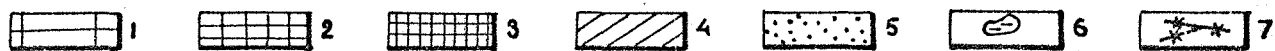
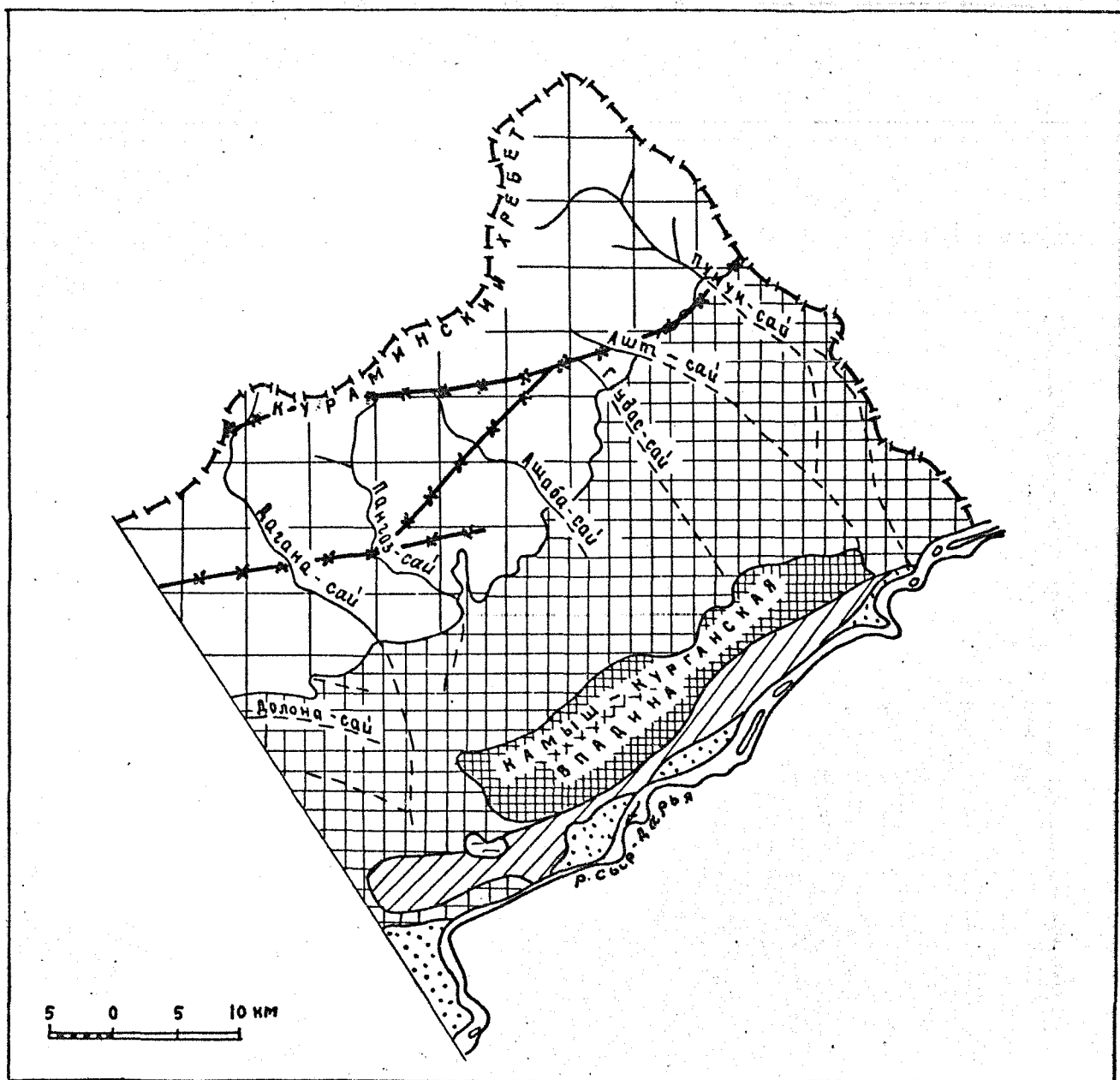


Рис. 6.1. Схематическая карта районирования КЛГС Северо-Западной Ферганы по выносу и аккумуляции легкорастворимых солей

- 1 - элювиальная ступень насада (модуль выноса $\sim 40 \text{ т/км}^2$ солей в год);
 - 2 - транзитная ступень насада (модуль выноса $\sim 77 \text{ т/км}^2$ солей в год);
 - 3 - аккумулятивная ступень насада (модуль аккумуляции $\sim 4900 \text{ т/км}^2$ солей в год);
- Прочие обозначения: 4 - выходы на поверхность дислоцированных отложений палеоген-неогенового возраста; 5 - современный аллювий; 6 - соленое озеро Аксукум; 7 - линии главных разломов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дифференциация и геохимические особенности ландшафтов Северо-Западной Ферганы обусловлены:

- а) неоген-четвертичной историей формирования территории;
- б) современным кругооборотом и балансом веществ, участвующих в водной и воздушной миграции.

Расширяющееся поднятие Кураминского хребта и погружение Камыш-Курганской межгорной впадины, а также постепенный рост адирной гряды Супе-Тау в неоген-четвертичное время в условиях субаридного и аридного климата привели к формированию каскадной ландшафтно-геохимической системы (КЛГС) с тремя главными структурными ступенями с ландшафтами различного класса водной миграции: элювиальные высокогорные лугово-степные и редколесные ландшафты водоразделов Кураминского хребта (Ca^{++}), трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные степные и пустынно-степные ландшафты горных склонов и древних конусов выноса с реликтовыми гипсовыми аккумуляциями ($Ca^{++}-SO_4^-$), и аккумулятивные пустынно-солончаковые ландшафты Камыш-Курганской межгорной впадины (Na^+, SO_4^-, H_2S).

Содержание и распределение легкорастворимых солей в пределах аллювиально-пролювиальной толщи (на глубину 40–150 м), выполняющей Камыш-Курганскую межгорную впадину, свидетельствует о преимущественно сульфатно-натриевом типе засоления при среднем содержании солей от 0,16 до 0,33% в толще наносов, залегающих ниже первого от поверхности водоносного горизонта. Выявлены локальные участки повышенного засоления, которые могут быть связаны с разгрузкой глубоких подземных вод по разломам, а также с общим диффузионным перемещением солей, растворенных в напорных водах, которые разгружаются по всей площади Камыш-Курганской межгорной впадины путем вертикаль-

ного перетекания через кровлю водовмещающих отложений. Однако максимальное количество солей наблюдается в рыхлых отложениях и почвах над горизонтом грунтовых вод, то есть в зоне аэрации, где их среднее содержание увеличивается до 1,9%. Это явление может быть объяснено двумя обстоятельствами: 1) превращением открытой ландшафтно-геохимической системы в полузамкнутую на последних этапах геохимической истории региона в связи с ростом поднятия гряды Супе-Тау; 2) возрастанием степени аридизации климата и увеличением испарения с поверхности почв и грунтовых вод и связанной с ними интенсификацией накопления легкорастворимых солей на испарительном барьере.

О направленности современных ландшафтно-геохимических процессов свидетельствуют рассчитанные нами модули ионно-солевого стока. Они составляют: для элювиальной ступени каскадной системы — 40,3 т/км² в год, для транзитной — 77,3 т/км² в год и для аккумулятивной — 4900 т/км² в год. Это позволяет отнести рассматриваемую ландшафтную систему к типу систем концентрации (ландшафтно-геохимическим аренам).

Если учесть на площади в 1 км² солесодержание в почвах, рыхлых отложениях и грунтовых водах аккумулятивной ступени ландшафтно-геохимической арены, а также модуль ежегодного притока солей, то время, необходимое для аккумуляции солей в зоне аэрации при условии стационарного процесса ионно-солевого стока и испарения составляет около 34–35 лет. Этот расчет приближенный, в нем не учитывается возможность фильтрации вод через барьер Супе-Тау, а также привнос и вынос солей воздушным путем. Согласно нашим наблюдениям воздушная миграция играет немаловажную роль и составляет 264 т/км² в год. При условии ежегодного поступления в пределы аккумулятивной ступени каскада +4900 т/км² легкорастворимых солей и учете возраста современных ландшафтов, равно²⁰ около 10 000 лет

(голоцен), здесь произошло бы скопление огромных запасов солей. Однако время накопления существующих запасов солей за рассчитанный период в 34–35 лет свидетельствует об относительной стабильности солевого баланса, основной расходной статьёй которого является вынос солей ветром преимущественно юго-западного направления в сторону Центральной Ферганы.

Сопоставляя модуль ионно-солевой аккумуляции поступающих с глубоким подземным стоком легкорастворимых солей из области транзита в пределы аккумулятивной ступени каскада (764 т/км^2 в год) с модулем местной миграции солей через атмосферу (264 т/км^2 в год), можно сделать вывод о значительной доле участия эолового солепереноса в миграции легкорастворимых солей, достигающей 34–35%. Таким образом, для территорий аридной зоны с широким развитием солончаков, соленых озер, соров и других очагов солевых аккумуляций, где идет развевание солей ветром, необходим учет эолового поступления их из областей аккумуляции в области солевого стока изучаемых районов. Игнорирование поступления солей из атмосферы может привести к заметным ошибкам в расчетах солевых балансов. Согласно нашим подсчетам вынос легкорастворимых солей с поверхности высыхающего летом соленого озера Аксукон в сторону Ферганской долины достигает $690 \cdot 10^3$ т в год.

Антропогенное воздействие на современный водно-солевой баланс изучаемой территории направлено на создание культурных орошаемых ландшафтов на месте природных пустынно-степных. Строительство мощных водозаборных сооружений, откачивающих пресную воду из глубоких водоносных горизонтов в пролювиальных отложениях конусов выноса, вызвало тенденцию снижения уровня грунтовых вод в центральной, наиболее засоленной части Камыш-Курганской межгорной впадины, что в целом способствует улучшению мелиоративной обстановки на орошаемых землях. Сопоставление масштаба хозяйственной деятельности

человека со структурой и емкостью природных процессов позволяет судить о ведущей роли антропогенного воздействия на процессы соленакпления в аридных ландшафтах рассматриваемого региона. Если основная миграция легкорастворимых солей в каскадных ландшафтно-геохимических системах аридных территорий осуществляется глубоким подземным стоком и, отчасти, происходит за счет переноса солей ветром, то вследствие орошения земель подземными водами из скважин вертикального дренажа и Северного Ферганского канала на поверхность аккумулятивной ступени КЛГС поступает 1777 т/км^2 солей в год, что в 2,3 раза превышает их естественный приток сюда с подземными водами.

Во избежании прогрессирующего засоления орошаемых земель, расположенных в пределах КЛГС типа арен, возрастание доли участия антропогенного фактора необходимо компенсировать увеличением объема критического дренажного стока.

ВЫВОДЫ

1. Миграция легкорастворимых солей в ландшафтах Северо-Западной Ферганы осуществляется главным образом с подземным стоком, выполняющим функцию системообразующего однонаправленного потока в каскадных ландшафтно-геохимических системах (КЛГС) аридной зоны. Золотой перенос солей служит обратной связью в подобных ландшафтах, обеспечивая их целостное функционирование.

2. Вовлеченные в ходе альпийского орогенеза в общее глыбово-сводовое поднятие Кураминского хребта древние поверхности выравнивания с распространенными на них ландшафтами гипсовых пустынь неогена явились областями сноса обломочного материала в Ферганскую впадину. Потoki поверхностных и подземных вод, зарождающиеся на склонах хребта, выносили и выносят растворенные в них сульфаты, тем самым обусловив типоморфность сульфат-иона в современных ландшафтах КЛГС Северо-Западной Ферганы.

3. Для транзитной и аккумулятивной ступеней КЛГС отмечено преобладание сульфат-иона как в грунтовых водах ландшафтов с гипсовым и соленосно-сульфидным классами водной миграции, так и в почвах в виде древних аккумуляций шестоватого гипса в иллювиальных горизонтах сероземов и серо-бурых почв, что позволяет отнести Северо-Западную Фергану к области сульфатного типа соленакопления, столь характерного для всей Ферганы в целом.

4. По степени интенсивности химической денудации в области формирования галогеохимического стока Западный Тянь-Шань несколь-

ко уступает Северному и Южному Тянь-Шаню: $40,3 \text{ т/км}^2$ в год солей против $46,3 \text{ т/км}^2$ в год и $67,2 \text{ т/км}^2$ в год солей соответственно.

5. Предложенный нами каскадный коэффициент геохимического стока характеризует Северо-Западную Фергану как ландшафтно-геохимическую систему концентрации (арену), в пределах которой модуль ионно-солевой аккумуляции более чем в 100 раз превышает модуль выноса легкорастворимых солей с водной миграцией из области элювиальной ступени каскада. Объектами - аналогами подобных каскадных ландшафтно-геохимических систем концентрации служат Самгарская и Алмас-Варзыкская межгорные впадины, входящие наряду с Камыш-Курганской впадиной в состав Северо-Западной Ферганы.

6. Антропогенное воздействие на процессы соленакопления в пределах аккумулятивной ступени КЛГС Северо-Западной Ферганы, связанное с орошением земель, вызывает необходимость увеличения объема критического дренажного стока в р.Сыр-Дарью в 1,3-1,5 раз с предварительным опреснением дренажных вод до $2,0 \text{ г/л}$ за счет разбавления их пресной водой из скважин вертикального дренажа с суммарным расходом $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$, что будет способствовать устранению вторичного засоления орошаемых территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы XXVI съезда КПСС. — М.: Политиздат, 1981.—216с.
2. Аблаков Э.Б. Зональная закономерность солепроявления в почвах Северного Тянь-Шаня и прилегающих к нему равнин. — В кн.: Развитие почвоведения в Казахстане. Алма-Ата, 1963, с.135-140
3. Акрамходжаев А.М., Сайдалиева М.С. Ферганский нефтегазоносный бассейн /под ред. д-ра г-м.н., проф. С.П.Максимова. — М.: Недра, 1971.— 280с.
4. Алекин О.А. Общая гидрохимия: Химия природных вод. — Л.: Гидрометеиздат, 1948.— 208с.
5. Александрова Т.Д., Преображенский В.С. О содержании термина "геосистема". — Изв. АН СССР, сер.геогр., 1978, № 5, с.112-120
6. Арманд А.Д. Природные комплексы как саморегулируемые информационные системы. — Изв. АН СССР, сер.геогр., 1966, № 2, с.85-94
7. Аткарская Т.Н. Возвратные воды орошаемых земель Ферганской долины. — Метеорология и гидрология, 1970, № 10, с.63-71
8. Бабаев М.В., Щеканова В.В., Фаттахов И.М. Результаты изучения испарения с поверхности почвы методом теплового баланса в некоторых районах Северного Таджикистана. — В кн.: Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР. М., 1972, вып.6, с.76-84
9. Бабушкин А.Н., Когай Н.А. Физико-географическое районирование Средней Азии (Таджикская ССР). — Научн. труды Ташк. ун-та, 1967, вы. 307, с.3-31
10. Бадалов С.Т., Голованов И.М., Дунин-Барковская Э.А. Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов эндогенных месторождений Чаткало-Кураминских гор /Под ред. акад. А.С.Уклонского. — Ташкент: Фан, 1971, — 228 с.

- II. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов. — Бюлл. Почв. ин-та им. В.В.Докучаева, 1972, вып.5, с.36-40
- I2. Борисов В.А. Формирование и расходование динамических запасов подземных вод Кураминского хребта. — В кн.: Гидрогеология и инженерная геология аридной зоны СССР. Ташкент, 1970, вып.II, с.43-52
- I3. Боровский В.М., Аблаков Э.Б., Кожевников К.Я., Муравлянский К.Д. Древняя дельта Сыр-Дарьи и Северные Кызыл-Кумы: Почвенно-мелиоративные условия и проблема сельскохозяйственного освоения /Акад.наук Каз.ССР. Ин-т почвоведения. — Алма-Ата.: Изд-во АН Каз.ССР, 1959, т.2. — 419 с.
- I4. Боровский В.М. Геохимия засоленных почв Казахстана /Акад.наук СССР. Ин-т агрохимии и почвоведения. Научн.совет по пробл. почв. и мелиор. почв. — М.: Наука, 1978. — 192 с.
- I5. Валяшко М.Г. Геохимические закономерности современного соленакопления и образования современных соляных отложений на территории СССР. — В сб.: Соляные озера, методы их изучения и пути использования. М., 1952 а, вып.23, с.10-12
- I6. Васильковский Н.П. Геология гор Супе-Тау, Ак-бель и Ка-чоп. — Тр.Таджикистанской базы АН СССР, 1935 б, т.4, с.171-204
- I7. Волобуев В.Р. Засоление почв в Азербайджане в естественно-историческом и мелиоративном освещении. — Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1948. — 95 с.
- I8. Волобуев В.Р. Генетические формы засоления почв Кура-Араксинской низменности /Акад.наук Азерб.ССР. Ин-т почвоведения и агрохимии. — Баку: Изд-во АН Азерб. ССР, 1965. — 248 с.
- I9. Гвоздецкий Н.А. Основные проблемы физической географии. — М.: Высшая школа, 1979. — 222 с.
20. Геохимическая характеристика подземных вод Кара-Мазарского

района: Отчет /СГГЭ Управления геологии при С М Тадж.ССР.;
Исполнитель М.С.Салмин. — 01379. — Душанбе, 1932.

21. Герасимов И.П. Рецензия на статью А.Н.Соколовского: Засоленные почвы как одно из солепроявлений на земной поверхности. — Почвоведение, 1942, № 9-10, с.50-51
22. Гидрогеологические условия Северного Таджикистана: Отчет /Ленинград.госуд. ун-т, геол. ф-т.; Руководитель работы В.С.Самарина. — Л., 1962.
23. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — 230 с.
24. Глазовская М.А. Почвы мира : Основные семейства и типы почв /Учеб. пособие для геогр. фак. ун-тов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972, ч.1. — 230 с.
25. Глазовская М.А. Почвы мира: География почв /Учеб. пособие для геогр. фак. ун-тов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973, ч.2 — 427 с.
26. Глазовская М.А. Актуальные проблемы теории и практики геохимии ландшафтов. — Вестник МГУ, сер.геогр., 1976, № 2. с.10-20
27. Глушков В.Г. Географо-гидрологический метод. — Тр.Первого Всесоюз. геогр. съезда (Ленинград, 11-18 апреля 1933г).Л.: Изд-во Госуд. геогр. общ-ва, 1934, вып. 3, с.24-29
28. Гринь Г.С. Галогенез лессовых почвогрунтов Украины. — Киев: Урожай, 1969. — 218 с.
29. Дьяконов К.Н. Методологические проблемы изучения физико-географической дифференциации. — Сб.: Вопросы географии, 1975 б, № 98, с.28-51
30. Иванов И.В., Глазовский Н.Ф. Геохимический анализ почвенного покрова степей и пустынь. — М.: Наука, 1979. — 135 с.

31. Использование минерализованных вод для орошения: Сборник /Отв. ред. акад. Б.А.Шумаков. — М.: Колос, 1973. — 264 с.
32. Ишанкулов М.Ш.; Ропот Б.М. Таласский массив орошения: (Почвенно-мелиоративное исследование ландшафтного уровня системы конусов выноса и континентальных дельт Таласа). — Алма-Ата: Наука, 1978. — 211 с.
33. Камалов Л.Ф. Ионно-солевой сток как показатель процессов ландшафтообразования: (На примере бассейна Паркент-сай, юго-западные отроги Чаткальского хребта). — Дис. ...канд.геогр.наук. — Ташкент, 1972. — 116 л.
34. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв /Акад.наук СССР. Почв.ин-т им. В.В.Докучаева — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946, т.1 — 573 с.
35. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв /Акад.наук СССР. Почв.ин-т им.В.В.Докучаева. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1947, т.2. — 375 с.
36. Козловский Ф.И. Структурная модель миграционных процессов в геохимических ландшафтах. — В кн.: Геохимия ландшафтов: Теория миграции химических элементов в природных ландшафтах. М., 1975, с.27-43
37. Комаров И.С. Накопление и обработка информации при инженерно-геологических исследованиях. — М.: Недра, 1972. — 295 с.
38. Кондорская Н.И. Ареалы современных солевых аккумуляций в почвах СССР. — Почвоведение, 1967, № 4, с.44-55
39. Литолого-палеогеографические карты Таджикистана (четвертичный период, масштаб 1 : 2 000 000): Объяснительная записка /Тадж. госуд. ун-т, геол. ф-т.; Руководитель работы В.В.Лоскутов. — 254147. — Душанбе, 1964.
40. Мангельдин Р.С. Особенности формирования подземных вод четвертичных отложений малых артезианских бассейнов Ферганы под влия-

- нием новейшей тектоники. — Дис. ... канд. геол.-минер. наук. — Ташкент, 1972. — 138 л.
41. Марков К.К. Исторический метод в физической географии. — В сб.: Вопросы географии, 1948, № 9, с. 79–94
42. Минашина Н.Г. Мелиорация засоленных почв / Всесоюз. ордена Ленина акад. с.-х. наук им. Ленина. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. — М.: Колос, 1978. — 269 с.
43. Муравейский С.Д. Роль географических факторов в формировании географических комплексов. — Сб.: Вопросы географии, 1948, № 9, с. 95–110
44. Несмеянов С.А. Неотектоника Западной Ферганы. — Дис. ... канд. геол.-минер. наук. — М., 1966. — 514 л.
45. Определение водно-солевого баланса и обоснование промывок засоленных земель Большого Ашта: Промежуточный отчет / Тадж. ин-т почвоведения.; Исполнитель Б.Б. Яковлев. — Душанбе, 1978.
46. Орлова А.П. Прогноз качества воды р. Сырдарья. — Тр. Среднеаз. науч.-иссл. ин-та ирригации им. Журина, 1973, вып. 138, с. 57–67
47. Отчет о результатах гидрогеологических работ, выполненных на Камыш-Курганском месторождении каменной соли в 1958–59 гг. / СГГЭ Управления геологии при СМ Тадж. ССР.; Исполнитель А.Г. Амелин, В.Е. Онуфрей. — 06073. — п. Табашар, 1960.
48. Отчет о результатах экспериментальных балансовых исследований, проведенных на территории Северного Таджикистана в 1968 году: / СГГЭ Управления геологии при СМ Тадж. ССР.; Исполнитель Н.И. Рачков. — п. Сырдарьинский, 1968.
49. Отчет об опытно-методических работах для повышения эффективности способов поисков экранированных ловушек в пределах Ферганской впадины / Моск. госуд. ун-т, геол. ф-т.; Руководитель работы Н.П. Костенко. — 372967. — г. Коканд, 1979.

50. Отчет по изучению режима и баланса грунтовых вод Северного Таджикистана за 1979 год: Гидрогеологический ежегодник /СГТЭ Управления геологии при СМ Тадж.ССР.; Руководитель работы А.А.Кашлев. — 381155. — г.Кайраккум, 1980.
51. Отчет по комплексным гидрогеологическим исследованиям минеральной грязи оз.Аксукон Таджикской ССР в 1956–58 гг /СГТЭ Управления геологии при СМ Тадж.ССР.; Исполнители К.И.Потапова и Г.Д.Мямлин. — 06045. — Душанбе, 1960.
52. Охрана почв и рациональное использование земельных ресурсов Казахстана: Материалы к Пятому делегатскому съезду почвоведов СССР /Под общ.ред. чл.-корр. АН Каз.ССР В.М.Боровского. — Алма-Ата: Наука, 1976. — 184 с.
53. Панов Н.П., Афанасьев В.П. Физические и химические свойства сероземно-луговых почв и урожайность хлопчатника при использовании оросительных вод разного химического состава. — Известия ТСХА, 1978, вып. 4, с.71–80
54. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. — М.: Недра, 1972. — 288 с.
55. Перельман А.И. Геохимия ландшафта /Учеб.пособие для геогр. и геол. специальностей ун-тов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1975. — 341 с.
56. Перельман А.И. О новых показателях характеристики миграции химических элементов в ландшафте. — В кн.: Геохимия ландшафтов: Теория миграции химических элементов в природных ландшафтах. М., 1975, с.61–70
57. Подсчет и оценка эксплуатационных запасов грунтовых вод центральной части слившихся конусов выноса саев южного склона Кураминского хребта для орошения земель Аштского района Ленинадской области Тадж.ССР (по состоянию на 1.05.73г) : Отчет /СГТЭ Управления геологии при СМ Тадж.ССР.; Руководитель работы Х.И.Ишанджанов. — 335279. — п.Сырдарьинский, 1973.

58. Польшов Б.Б. Процессы засоления и рассоления и солевой профиль почв. — Тр. комиссии по ирригации АН СССР, 1933 б, вып. I, с. 107—131
59. Польшов Б.Б. Кора выветривания: Процессы выветривания. Основные фазы и формы коры выветривания и их распределение. Л.: Изд-во АН СССР, 1934. — 240 с.
60. Польшов Б.Б. Учение о ландшафтах. — Избр. труды /Акад. наук СССР. М., 1956, с. 493—511
61. Преображенский В.С. Феномен географии (раздумья географа). — Изв. АН СССР, сер. геогр., 1979, № 4, с. 20—27
62. Природные условия и естественные ресурсы СССР: Средняя Азия /Акад. наук СССР. Ин-т географии. — М.: Наука, 1968. — 484 с.
63. Проектное задание развития орошения Большого Ашта Таджикской ССР: Книга 18. Почвенно-мелиоративный отчет /Союзгипроводхоз.; Исполнитель П.Д. Гуськов. — 5485 Г. — М., 1964.
64. Развитие орошения и освоения земель в Аштском районе Таджикской ССР, I очередь: (Почвенно-мелиоративные условия) : Отчет /Союзгипроводхоз.; Исполнитель А.В. Бондарев. — 9722 Г. — М., 1972.
65. Развитие орошения и освоения земель в Аштском районе Таджикской ССР, I очередь: (Геологические и гидрогеологические условия) : Отчет /Союзгипроводхоз.; Исполнители В.К. Дудиков и Л.Н. Ткаченко. — 9723 Г. — М., 1973.
66. Результаты воднобалансовых исследований по изучению поверхностного стока рек Северного Таджикистана (Камыш-Курганской межгорной впадины) по работам, проведенным в 1976—77 гг.: Отчет /СГТЭ Управления геологии при СМ Тадж. ССР.; Исполнитель В.А. Либерт. — 364482. — п. Сырдарьинский, 1977.
67. Результаты гидрохимических исследований, проведенных в 1957 г. на площади западного окончания Кураминского хребта: Отчет

/Моск.госуд. ун-т, геол. ф-т.; Руководитель работы П.И.Пищера. — 0205488. — М., 1958.

68. Ретеев А.Ю. О геокомплексах с односторонним системообразующим потоком вещества и энергии. — Изв. АН СССР, сер.геогр., 1971, № 5, с. 122-128
69. Самарина В.С. Гидрогеохимия /Учеб. пособие для геол. специальностей вузов. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1977. — 358 с.
70. Симонов Ю.Г., Борсук О.А., Ларьков С.А. Комплексный анализ геосистем. — В кн.: Методология и региональные физико-географические исследования /Моск. филиал геогр.общ-ва СССР. М., 1975, с.3-7
71. Сиссоко Г.А. Айгырбайтальский гранитоидный интрузивный массив (Кураминский хребет). — Дис. ...канд.геол.-минер.наук.— Ташкент, 1979. — 132 л.
72. Система ирригационно-мелиоративных мероприятий для речного конуса выноса: На примере конуса выноса реки Геокчай в Ширванской степи Азербайджанской ССР /Под общ.ред. акад. В.Р.Волобуева. — Баку: Изд-во АН Азерб.ССР, 1962. — 147 с.
73. Соколовский А.Н. Засоленные почвы как одно из солепроявлений на земной поверхности. — Почвоведение, 1941, № 7-8, с.3-30
74. Солнцев Н.А. К теории природных комплексов. — Вестник МГУ, сер.геогр., 1968, № 3, с. 14-27
75. Составление почвенной карты Ленинабадской области в масштабе 1 : 200000 в 1953-55 гг: Отчет /Тадж. ин-т почвоведения.; Руководитель работы О.А.Грабовская. — Душанбе, 1956.
76. Сочава В.Б. Учение о геосистемах — современный этап комплексной физической географии. — Изв. АН СССР, сер.геогр., 1972, № 3, с. 18-21
77. Спектор И.Р. О путях исследования геосистем. — Сб.: Вопросы

географии, 1971, № 88, с. 88-96

78. Спорово-пыльцевые комплексы четвертичных отложений гор Супе-Тау, Ак-Бель и Ак-Чоп и их стратиграфическое значение: Отчет /Трест Узгеолразведка.; Исполнитель Е.М.Швецова. - Ташкент, 1958.
79. Степанов И.Н. Эколого-географический анализ почвенного покрова Средней Азии /Акад. наук СССР. Ин-т агрохимии и почвоведения. - М.: Наука, 1975. - 168 с.
80. Степанов И.Н., Чембарисов Э.И. Влияние орошения на минерализацию речных вод. - М.: Наука, 1978. - 120 с.
81. Схема развития орошения в Аштском районе Ленинабадской области Таджикской ССР: (Инженерно-геологический и гидрогеологический очерк): Отчет /Союзгипрводхоз.; Исполнитель С.Б.Попова. - 817 Г. - М., 1955.
82. Технический проект I очереди орошения и освоения целинных земель Аштской степи Таджикской ССР: Пояснительная записка /Союзгипрводхоз. - 9707 Г. - М., 1973.
83. Ткачук Э.И. Статистические методы при решении инженерно-геологических задач. - Новочеркасск: Изд-во Новочеркасск. политехн. ин-та, 1975. - 97 с.
84. Федоров Б.В. Принципы построения мелиоративного комплекса по предотвращению и ликвидации засоления орошаемых земель. - Тез. докл. /Ташкентский междунар. симпозиум (Ташкент, 6-12 августа 1962 г.). Ташкент, 1962, с. 13-14
85. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова /Акад. наук СССР. Ин-т географии. Всесоюз. акад. с.-х. наук им. Ленина. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. - М.: Мысль, 1972. - 423 с.
86. Черняго А.В., Черняго Л.С. Озеро Аксузон - уникальный бассейн, образованный подземными рассолами. - Природа, 1980, № 10, с. 116-117

87. Черняго Л.С. К геохимии легкорастворимых солей в каскадной ландшафтно-геохимической системе Северо-Западной Ферганы. — В сб.: Динамика географических систем / Конференция молодых ученых (Москва, 7 мая 1981 г.) . М., 1982, (в печати)
88. Черняго Л.С. Предотвращение вторичного засоления орошаемых земель на массиве "Большой Ашт" в Северном Таджикистане. — В сб.: Вопросы прогнозирования изменений гидрогеологических условий под влиянием мелиорации земель / Конференция МОИП, ВСЕИННТЕО и Союзгипроводхоз (Москва, 14-15 января 1982 г.) М., 1982, (в печати)
89. Черняго Л.С. Соленаккумуляция в водах, четвертичных отложениях и почвах Камыш-Курганской межгорной впадины. — М., 1979. — 18 с. — Рукопись представлена Моск. ун-том. Деп. в ВИНТИ 12 июн. 1979, № 2124-79
90. Черняго Л.С. Эоловый перенос солей в пределах Северо-Западной Ферганы. — М., 1980. — 9 с. — Рукопись представлена Моск. ун-том. Деп. в ВИНТИ 20 мая 1980, № 1931-80
91. Четвертичный покров, геоморфология и неотектоника Северного Таджикистана: Отчет / Моск. госуд. ун-т, геол. ф-т.; Руководитель работы Н.П.Костенко. — 06977. — М., 1962.
92. Fournier F. *Climat et érosion: La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques.* — Thèse pour le doctorat es lettres présentée à l'Univ. de Paris. — P. Press univ. de France, 1960.
93. Malik R.S., Nath J. *A study on the effect of salt peaks on cotton.* — Cotton Developm., 1976, vol. 6, N 1, p. 20-23
94. Rhoades J. D., Suarez D. L. *Reducing water quality degradation through minimized leaching management.* — Agr. Water. Manag., 1977, vol. 1, N 2, p. 127-142