

**КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**  
*Кафедра региональной геологии и полезных ископаемых*

**Учебно-методическое пособие по проведению лабораторных  
занятий по курсу**

**«МИНЕРАГЕНИЯ»**

**Казань – 2022**

*Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета ФГАОУВПО  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
методической комиссии  
Института геологии и нефтегазовых технологий  
Протокол № 8 от 6 апреля 2022 года.  
заседания кафедры региональной геологии и полезных ископаемых  
Протокол № 4 от 28 марта 2022 года.*

**Авторы-составители:**

**Мирзошоев Б.Р.** – ассистент кафедры региональной геологии и полезных ископаемых ИГиНГТ КФУ;

**Муллагаев А.И.** – ассистент кафедры региональной геологии и полезных ископаемых ИГиНГТ КФУ;

**Хасанов Р.Р.** – д.г.-м.н., заведующий кафедрой региональной геологии и полезных ископаемых ИГиНГТ КФУ.

**Под редакцией:**

доктор геолого-минералогических наук, профессор **Р.Х. Сунгатуллин**

**Минерагения:** Учебно-методическое пособие по проведению лабораторных занятий / Б.Р. Мирзошоев, А.И. Муллагаев, Хасанов Р.Р. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2022. – 47 с.

В учебно-методическом пособии приведены основные термины и понятия, используемые в рамках дисциплины. Охарактеризованы палеогеодинамические обстановки формирования месторождений полезных ископаемых, приведены примеры минерагенического изучения геодинамических систем, комплексов и геологических формаций в рамках основных разделов минерагении, а также принципы и методология прогнозной оценки территорий. Учебно-методическое пособие предназначено для использования в рамках лабораторных занятий по курсу «Минерагения» с использованием прогнозно-минерагенических карт, а также карт ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений для южных регионов Сибири и Дальнего Востока.

Учебно-методическое пособие предназначено для бакалавров и магистров направления 05.03.01 «Геология».

❖ **Мирзошоев Б.Р., Муллагаев А.И., Хасанов Р.Р., 2022**  
❖ **КФУ, ИГиНГТ, 2022**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ</b> .....	4
Практическое задание № 1 «Изучение и анализ легенд геологических карт» ..	8
Практическое задание № 2 «Условные обозначения к прогнозно- минерагеническим картам» .....	9
Практическое задание № 3 «Составление геолого-минерагенических записок (отчетов) по геологии региона» .....	15
<b>2. РЕГИОНАЛЬНАЯ МИНЕРАГЕНИЯ</b> .....	17
Практическое задание № 4 «Минерагения геодинамических систем, комплексов и геологических формаций подвижных поясов и платформ» .....	19
Практическое задание № 5 «Региональная минерагения платформ» .....	21
<b>3. ИСТОРИЧЕСКАЯ МИНЕРАГЕНИЯ</b> .....	23
Практическое задание № 6 «Историческая минерагения рудоносных геодинамических комплексов и геодинамических формаций» .....	25
Практическое задание № 7 «Характеристика минерагенических провинций (зон) по тектоно-магматическим циклам и минерагеническим эпохам» .....	27
<b>4. СПЕЦИАЛЬНАЯ МИНЕРАГЕНИЯ</b> .....	29
Практическое задание № 8 «Специальная минерагения определенных видов полезных ископаемых» .....	30
Практическое задание № 9 «Минерагеническое районирование рудоносных площадей» .....	32
<b>5. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ, ПЛОЩАДЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ</b> .....	34
Практическое задание № 10 «Количественная оценка прогнозных ресурсов по категории Р <sub>3</sub> методом аналогии» .....	41
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	47

Основные понятия, термины и определения в учебно-методическом пособии приведены по работам Л. Баумана, Г. Тишендорфа (1976), В.И. Старостина (2012) и В.С. Полянина (2017).

## 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ТЕРМИНЫ

*Минерагению* как геологическую дисциплину, имеющую свой собственный объект изучения, можно определить следующим образом:

*Металлогения, или минерагения* – наука о закономерностях образования и размещения месторождений полезных ископаемых (МПИ) в пространстве и времени.

Помимо причин и условий образования месторождений минерагения изучает и выясняет закономерности регионального распространения месторождений и истории их формирования, учитывая развитие окружающих геологических формаций. Термин металлогения впервые был предложен Л. Де Лоном в 1892 г.

Любая концентрация вещества или месторождение полезных ископаемых, образует геологическое тело. Для выяснения его генезиса следует рассмотреть полный цикл его геологического развития – до, во время и после образования полезного ископаемого. Отдельная задача минерагении состоит в охвате, особом отборе и оценке всего фактического материала по конкретной территории с целью выделения из множества геологических данных и выводов лишь тех, которые являются существенными, или критическими, для возникновения, становления и сохранения определенного типа месторождений или вида минерального сырья.

В связи с этим, минерагенический метод исследования состоит в том, чтобы анализировать и моделировать взаимосвязи между полезными компонентами земной коры (т. е. месторождениями) и всеми прочими компонентами как коры, так и частично мантии (т. е. горными породами в широком смысле) и на основе этих выводов вырабатывать стратегию будущих прогнозных, поисковых и разведочных работ.

Минерагения имеет целью создание основы для качественной и количественной оценки перспективности определенной территории в отношении минерального сырья.

В минерагенических исследованиях используются выводы и результаты многих геологических дисциплин в той мере, в какой они необходимы для решения проблем, связанных с месторождениями. К ним относятся, прежде всего:

- тектонические и структурно-геофизические данные (т. е. структурный анализ);
- минералогические, петрографические и геохимические данные (т. е. вещественный анализ);
- стратиграфические, историко-геологические и хронологические данные (т. е. историко-геологический анализ).

Минерагения, таким образом, является преимущественно синтезирующей научной дисциплиной, достоинство которой заключается в комплексном подходе к явлениям. Отсюда вытекает существенно более высокая степень обобщения данных в минерагении по сравнению с другими геологическими дисциплинами. Минерагенический метод исследования и его преломление в практике - прежде всего в отношении прогноза распространения месторождений различных видов минерального сырья - позволяет, с одной стороны, получать качественно новые выводы, а с другой - оказывает обратное воздействие на развитие самих «базисных» геологических дисциплин.

В постановке конкретных целей минерагенических исследований можно различать две стороны:

*Анализ минерагенических данных для определенного регионального подразделения и изучение структурного, вещественного и исторического развития для выявления условий образования различных групп месторождений полезных ископаемых (т. е. региональный специализированный анализ - региональная минерагения).*

*Анализ минерагенических данных для определенного вида полезного ископаемого и изучения факторов, контролирующих месторождения, влияющих на концентрацию вещества, а также индикаторов месторождений (т. е. специализированный анализ минералов и минерального сырья или же специального вида полезного ископаемого - специальная минерагения).*

Анализ минерагенических данных, относящихся к региональному подразделению, должен привести к выяснению пространственных особенностей и закономерностей возникновения и размещения всех групп полезных ископаемых. Это подразумевает широкое исследование теоретических основ и представляет собой первый этап минерагенического изучения. Специализированный анализ отдельных разновидностей минерального сырья, основанный на региональном анализе, следует за первым в качестве прикладной стороны минерагении с конкретной целевой установкой, относящейся к той или иной группе минерального сырья. В то время как первый этап является предпосылкой для регионального прогнозирования разнообразных месторождений, второй создает основу для специализированного прогноза выявления определенных групп месторождений минерального сырья.

В соответствии с изложенными задачами и конечной целью исследования минерагения подразделяется следующим образом:

а). Общая минерагения представляет собой, согласно Е. Шаталову, часть минерагении, принадлежащую к ее теоретическим основам, и исследует общие закономерности возникновения различных месторождений минерального сырья в пространстве и времени. Задача общей минерагении состоит прежде всего в изучении того, каким образом процессы минерализации приводят к образованию месторождений в пространстве и времени в зависимости от различных геологических и геохимических факторов.

б). Историческая минерагения изучает закономерности образования месторождений в ходе истории геологического развития Земли. Задача исторической минерагении состоит в изучении различий в эволюции концентрирования вещества и выяснении их причин.

в). Региональная минерагения пытается выяснить закономерности образования и распространения месторождений во взаимосвязи с геологическим строением различных территорий. За - дачей региональной минерагении является выделение и изучение территориальных минерагенических единиц Земли.

г). Специальная минерагения изучает закономерности образования в пространстве и времени месторождений отдельного элемента (полезного компонента) или группы генетически взаимосвязанных видов минерального сырья. Задача специальной минерагении состоит в выяснении специфических закономерностей образования и распределения в пространстве и времени определенных видов природного минерального сырья.

Целью всех видов минерагенических исследований является разработка прогноза распространения месторождений. Это позволяет устанавливать области, перспективные для отдельных видов минерального сырья, вырабатывать первые качественные и количественные оценки ожидаемых открытий, определять прогнозные запасы минерального сырья и давать рекомендации по проведению дальнейших поисковых и разведочных работ.

## Практическое задание № 1

### «Изучение и анализ легенд геологических карт»

Для выполнения качественного минерагенического исследования и проведение количественной оценки прогнозных ресурсов какого-либо территории на наличие каких-либо полезных ископаемых необходимо хорошее владение и умение работать с легендами разнообразных геологических карт, т.е. необходимыми материалами для проведения минерагенических исследований. С этой целью студентам необходимо ознакомиться и научиться навыками чтения и правильному использованию этих карт, поскольку принципы составления и содержания геолого-минерагенических карт существенно отличаются от всех геологических карт.

В число используемых на занятиях карт входят:

- физико-географические карты;
- геологические карты России и отдельных регионов;
- тектонические карты;
- геологические карты четвертичных отложений;
- карта палеодинамических комплексов;
- карта новейшей тектоники;
- геоморфологические карты;
- литолого-палеогеографические карты;
- карты полезных ископаемых и т.д.

Группа разбивается на подгруппы из 3-4 человек, каждая из которых под руководством преподавателя проводит изучение и фиксацию (конспектирование) данных об основных изобразительных средствах (цвет, индекс, крап и т.д.), использованных при составлении вышеназванных карт – материалов для проведения минерагенических исследований.



## Практическое задание № 2

### «Условные обозначения к прогнозно-минерагеническим картам»

Согласно В.С. Полянину (2017), *минерагенические (металлогенические) карты* – итоговые картографические элементы металлогенического анализа, отражающие главные закономерности размещения рудоносных площадей разного ранга и продуктов рудогенеза. Эти карты составляются на геологической основе, но более эффективным является применение специализированных основ, выбор которых определяется главными факторами, влияющими на размещение месторождений.

В зависимости от последних могут быть использованы тектонические, структурно-формационные, литолого-фациальные, палеогеографические и др. основы или комплекс основ, дополненные элементами нагрузки иного содержания.

Собственно металлогеническая нагрузка основ включает в себя контуры рудоносных площадей соответствующего ранга и продукты рудогенеза (месторождения, рудопроявления, точки минерализации) с их различными характеристиками (с помощью специальных знаков).

Масштаб минерагенических карт зависит от рангов потенциально-рудоносных площадей, которые должны быть выделены на карте.

*Обзорные карты* (масштаб 1 : 500 000 и мельче) обеспечивают оконтуривание и прогноз металлогенических зон, среднемасштабные (1 : 500 000 – 1 : 200 000) – рудных районов, крупномасштабные (1 : 100 000 – 1 : 50 000) – рудных полей, детальные (1 : 50 000 и крупнее) – локальных перспективных участков, сопоставимых по размерам с площадями месторождений.

Минерагенические карты подразделяются на отраслевые (пометальные) и комплексные.

Для обеспечения полноты картографической характеристики закономерностей размещения рудоносных площадей и месторождений составляется комплект карт, включающий геологическую карту (структурно-формационную и др.), карту прогнозной и поисковой изученности, собственно-минерагеническую карту, карту прогнозных и поисковых критериев и признаков, прогнозную карту.

***Прогнозно-минерагенические карты*** – это разновидность минерагенических карт, объединяющие в себе элементы металлогении и прогноза полезных ископаемых. Карты отражают связь главных полезных ископаемых с геологическими факторами. Эти факторы подчеркиваются на них особыми знаками, показываются месторождения и их поисковые признаки, оконтуриваются металлогенические зоны и др. площади, а также даются рекомендации, которые следует выполнять для реализации прогнозов.

Итоговую карту закономерностей размещения полезных ископаемых и прогноза, составляемую на структурно-формационной (палеогеодинамической) основе, рекомендуется сопровождать серией вспомогательных карт более мелкого масштаба: геофизических полей и глубинного строения территорий, геохимической специализации геологических формаций и локальных аномалий и др., на которых обосновывается выделение факторов рудоконтроля и критериев прогнозной оценки территорий.

***Карты закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых*** – карты, на которые выносятся все месторождения, проявления полезных ископаемых, различные аномалии, поисковые признаки и др. элементы, позволяющие выделять перспективные площади и давать им прогнозную оценку.

**Условные обозначения** к прогнозно-минерагеническим картам мелкого-среднего масштаба разделяются на четыре части:

I часть – геодинамические системы, геодинамические комплексы и геологические формации;

II часть – месторождения и проявления неметаллических полезных ископаемых;

III часть – минерагеническое районирование;

IV часть – прочие обозначения.

В первой части легенды даны условные обозначения стратифицированных (осадочных, вулканогенно-осадочных, вулканогенных, метаморфических) и нестратифицированных (интрузивных и др.) комплексов, типизированных по возрасту, формационной и геодинамической принадлежности. Принадлежность горных пород к определенной геологической формации показывается крапом и индексом. Цвет и дублирующий его индекс отражает геодинамические режимы и обстановки, в областях проявления которых были сформированы выделяемые геологические формации, и принадлежность последних к определенным геодинамическим системам и комплексам. Принадлежность геологических комплексов к определенным возрастным интервалам развития земной коры показывается оттенком цвета геодинамической системы и комплекса и дублируется индексом, обозначающим отнесение их к категории образований тектономагматических этапов (раннеархейского, позднеархейского, раннепротерозойского, байкальского, каледонского, герцинского и альпийского).

Во второй части легенды приведены условные обозначения месторождений и проявлений неметаллических полезных ископаемых. В этой части легенды (представленной в виде таблицы) даны условные знаки и индексы всех показанных на карте месторождений, проявлений и внемасштабных площадей таксономического уровня рудных полей полезных ископаемых с разделением их на группы (агрохимическое сырье, горно-химическое сырье, горно-техническое сырье, минерально-строительное сырье, природные облицовочные камни, промышленные минералы, ювелирное, ювелирно-поделочное и поделочное сырье) и виды сырья. Форма знака обозначает принадлежность объекта к группе, цвет – к виду полезных ископаемых. Знаки месторождений сопровождаются дополнительной нагрузкой, информирующей о принадлежности

объекта к распределенному или нераспределенному фондам недр, его освоенности и др.

В третьей части легенды даны условные обозначения, присвоенные минерагеническим таксонам, изображенным на прогнозно-минерагенической карте: минерагеническим провинциям и поясам, минерагеническим зонам и областям, рудным зонам, районам и узлам. Границы минерагенических провинций и поясов показаны жирными (толстыми) линиями с зубцами черного цвета. Минерагенические зоны и области оконтурены цветными линиями средней толщины с треугольными штрихами, направленными внутрь зон. Цвет линий обозначает принадлежность слагающих минерагенические зоны и области продуктивных (или потенциально продуктивных) геологических формаций к определенной геодинамической системе и комплексу (рифтогенно-спрединговому, пассивно-окраинному, эпиплатформанно-орогенному и др.). Границы рудных зон, районов и узлов показаны тонкими черными линиями с прямоугольными штрихами, направленными внутрь рудной зоны, района и узла. Все изображенные на карте рудные районы и зоны сопровождаются «флажками» - таблицами, в которых приведена количественная характеристика ресурсного потенциала (цифры и категоричность запасов и прогнозных ресурсов) каждого из них. Карта сопровождается таблицей «Минерагенические объекты», в которой дана минерагеническая характеристика всех изображенных на ней в масштабе минерагенических объектов: минерагенических провинций и поясов, минерагенических зон и областей, рудных районов и зон. Рудные поля и площади неопределенного минерагенического ранга показаны специальными внемасштабными знаками овальной формы. Всем изображенным на карте минерагеническим провинциям и поясам, минерагеническим зонам и областям, рудным зонам и районам присвоены номера и индексы видов полезных ископаемых, месторождения которых известны в пределах территории минерагенического таксона или прогнозируются в их контурах. На карту в табличной форме помещены списки объектов прогнозных ресурсов: месторождений, проявлений и внемасштабных площадей разного типа (рудные поля, площади и др.).

Четвертая часть легенды содержит прочие условные обозначения: обозначения для тектонических нарушений и др. Прогнозно-минерагенические карты мелкого масштаба сопровождаются картами минерагенического районирования и прогнозной оценки того же масштаба, которые, по существу, представляют собой прогнозные карты-накладки региона. На эту карту вынесена следующая информация:

- все внemasштабные объекты с оцененными прогнозными ресурсами (месторождения, проявления полезных ископаемых, внemasштабные площади);
- все показанные в масштабе карты минерагенические объекты с прогнозными ресурсами (рудные районы и зоны);
- минерагенические объекты более низкого порядка (минерагенические провинции, пояса, зоны, области), вмещающие разномасштабные объекты с прогнозными ресурсами. Карта сопровождается серией таблиц, в которых дана количественная оценка ресурсного потенциала (категорийность и цифры балансовых и забалансовых запасов и прогнозных ресурсов) изображенных на ней минерагенических зон и областей. Объекты прогнозных ресурсов на карте типизированы по степени их перспективности на высокоперспективные, перспективные и малоперспективные.

***Материалы, используемые в рамках выполнения задания:***

- Условные обозначения к прогнозно-минерагеническим картам мелкого-среднего масштаба;
- Литература по геологии и закономерностям размещения месторождения неметаллических полезных ископаемых;
- Прогнозно-минерагеническая карта южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;
- Карта ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Минерагения: Учебно-методическое пособие / В.С. Полянин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 176 с;

- Металлогения: учебник / В. И. Старостин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: КДУ, 2012. - 560 с.

***Задание:***

- Изучить условные обозначения к прогнозно-минерагеническим картам мелкого и среднего масштаба и изобразительные средства (цвета, оттенки цветов, индексы, крапы, формы и размеры знаков и т.д.), используемые для изображения на них конкретных геодинамических систем, геодинамических комплексов, геологических формаций, их возрастных и вещественных характеристик, видов и геолого-промышленных типов месторождений и проявлений полезных ископаемых;

- Освоить навыки чтения прогнозно-минерагенических карт и снятие с них геолого-минерагенической информации.

### Практическое задание № 3

#### «Составление геолого-минерагенических записок (отчетов) по геологии региона»

Группа разбивается на подгруппы по 3-4 человека. Каждой группе дается задание - изучить, проанализировать и составить объяснительную записку по геологии предложенного региона, включающую данные, собранные с комплекса геологических карт по региону.

Состав объяснительной записки должен иметь следующую геологическую информацию:

1. Физико-географический очерк;
2. Тектоническое положение;
3. Стратиграфия (возраст, состав, формы залегания стратифицированных и нестратифицированных вещественных комплексов дочетвертичных и четвертичных отложений);
4. Новейшая тектоника (геодинамический режим, амплитуда поднятий и опусканий и т.д.);
5. Развитие палеодинамических комплексов;
6. Месторождение полезных ископаемых;

#### ***Материалы, используемые в рамках выполнения задания:***

- Комплекс геологических карт: географическая карта, тектоническая карта, геологическая карта, геоморфологическая карта, палеодинамическая карта, карта четвертичных отложений и карта месторождений полезных ископаемых;

- Прогнозно-минерагеническая карта южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Карта ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Литература по геологии и закономерностям размещения месторождения неметаллических полезных ископаемых;

- Минерагения: Учебно-методическое пособие / В.С. Полянин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 176 с.

- Металлогения: учебник / В. И. Старостин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: КДУ, 2012. - 560 с.



## 2. РЕГИОНАЛЬНАЯ МИНЕРАГЕНИЯ

*Региональная минерагения* исследует закономерности распределения месторождений полезных ископаемых во времени и пространстве в связи с особенностями геологического развития и строения крупных территорий. Основной ее задачей является изучение геодинамических обстановок рудообразования и металлогеническое районирование, в результате которого выделяются участки земной коры определенного периода и типа тектонического и направленного металлогенического развития с характерными для них ассоциациями месторождений полезных ископаемых.

*Геодинамическая обстановка (ГДО)* – это локальная элементарная совокупность поверхностных и глубинных седиментационных, магматических, метаморфических и тектонических процессов, проявляющихся (функционирующих) на некоторой ограниченной территории в пределах области господства того или иного геодинамического режима, в определенный (продолжительностью, вероятно, не менее периода) отрезок геологического времени.

*Геодинамический режим (ГДР)* – это совокупность (парагенез) геодинамических обстановок, объединяемых общностью порождающего их геодинамического процесса и функционирующих близ одновременно в пределах крупного региона – части складчатой области, системы, молодой или древней платформы.

Ниже приведен список основных геодинамических процессов (в порядке последовательности их проявления в природе):

- внутриконтинентальный рифтогенез (предспрединговый);
- океанический рифтогенез (спрединг);
- субдукционный процесс;
- коллизионный процесс;
- платформенная стабилизация;
- внутриконтинентальный эпиплатформенный орогенез, не связанный с коллизией и внутриконтинентальным рифтогенезом.

Геодинамические режимы носят одноименные названия. Время проявления того или иного геодинамического режима именуется стадией развития складчатой области или молодой платформы. Временной ряд последовательно проявленных в контурах складчатой области или молодой платформы геодинамических режимов объединяется в геодинамический цикл.

В истории развития складчатых сооружений и молодых платформ можно выделять 6 стадий (Полянин В.С., 2017), именуемых по названию ведущего геодинамического процесса и объединяемых в геотектонический (геодинамический) цикл (курсивом приведены названия стадий в соответствии с геосинклинальной концепцией – по В.Е. Хаину): 1) внутриконтинентального рифтогенеза; 2) спрединговая, океаническая, или межконтинентального рифтогенеза (*предгеосинклинальная, начальная, рифтогенно-геосинклинальная, раннегеосинклинальная*); 3) субдукционная (*позднегеосинклинальная, инверсионная – частных и общей инверсии*); 4) коллизионная (*орогенная: ранне- и позднеорогенная подстадии главной складчатости*); 5) платформенной стабилизации; 6) эпиплатформенного орогенеза (*дейтероорогенная*). Названные стадии в целом соответствуют выделяемым Дж.Т. Вилсоном стадиям развития палеоокеанов.

**Геодинамическая система (ГДС)** – естественное сообщество (группа, ряд) геологических формаций, сформированных в области господства определенного геодинамического режима (ГДР).

**Геодинамический комплекс (ГДК)** – естественное сообщество (ряд) геологических формаций, сформированных в единой геодинамической обстановке.

**Геологическая формация** – естественное сообщество (ассоциация) пород, сформированных в определенных геодинамических, структурно-тектонических, физико-химических и климатических условиях.

## Практическое задание № 4

### «Минерагения геодинамических систем, комплексов и геологических формаций подвижных поясов и платформ»

Группа делится на подгруппы по 3-4 человека.

1) Каждая из подгрупп изучает предложенную ей минерагеническую карту масштаба 1 : 1 000 000 – 1 : 2 500 000 с целью проведения минерагенического анализа регионов (складчатых областей и контуров подвижных поясов, платформ и т.д.).

2) Каждая подгруппа получает задание по одному региону из «Прогнозно-минерагенической карты» и «Карты ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока» 2 500 000 масштаба (Полянин, Вафин, 2010). Например: Западно-Сибирская минерагеническая провинция, Алтае-Саянская минерагеническая провинция, Енисейско-Саяно-Байкальский минерагенический пояс, Забайкальско-Буреино-Охотский минерагенический пояс и т.д.

#### *Материалы, используемые в рамках выполнения задания:*

- Прогнозно-минерагеническая карта южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Карта ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Минерагения: Учебно-методическое пособие / В.С. Полянин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 176 с.

С карты собирается следующая информация:

- Размещение месторождений и проявлений всех видов неметаллических полезных ископаемых, развитых в избранном регионе;

- Приуроченность месторождений и проявлений полезных ископаемых к определенным геодинамическим системам, комплексам и геологическим формациям;

- Выявления черт сходства и различия минерагении и их продуктивности распространенных в предложенном регионе геодинамических систем, комплексов и геологических формаций.

**Задание:** определить минерагеническую специализацию основных геодинамических комплексов и геологических формаций, слагающих регион и дать минерагеническую характеристику региона.

Результат работы оформляется в виде таблицы, сопровождающей её записку (текста), отражающих основные результаты проведенного регионального минерагенического анализа. Пример заполнения приведен в табл. 1.

*Таблица 1*

Региональная минерагения провинции/зоны

Геодинамическая система	Геодинамический комплекс	Геологическая формация и её возраст	Месторождения, проявления, перспективные площади		Тектоническая и минерагеническая приуроченность
			Номер и название	Размер	
Рифтогенно-спрединговая (R)	Спрединговых центров межплитных бассейнов (R <sub>1</sub> )	Дунить-перидотитовая реститовая (uR <sub>1</sub> <sup>4</sup> ) – PR <sub>2</sub> -€	15. Ивановское месторождение хризотол-асбеста	Крупное	Куртушубинский офиолитовый пояс, Куртушубинская минерагеническая зона
		Натриевых базальтов (R <sub>1</sub> <sup>4</sup> ) – PR <sub>2</sub> -€	5. Молодежное месторождение меди	мелкое	То же самое
		Габбровая (mR <sub>1</sub> <sup>5</sup> ) – PR <sub>2</sub> -D <sub>1</sub>	-	-	-
	Остаточных предсубдукционных и предколлизийных апоспрединговых океанических бассейнов (R <sub>2</sub> )	Вулканогенно-кремнисто-терригенная, флишевая (R <sub>2</sub> <sup>5</sup> ) – PR <sub>2</sub> -D <sub>1</sub>	-	-	-

## **Практическое задание № 5**

### **«Региональная минерагения платформ»**

Группа разбивается на подгруппы по 3-4 человека. Каждая подгруппа изучает предложенную им минерагеническую карту масштаба 1 : 2 500 000 с целью проведения регионального минерагенического анализа на территории Западно-Сибирской и Сибирской платформ. Каждая подгруппа получает задание по одному региону. С карты снимается следующая информация:

- Минерагеническая специализация геодинамических комплексов и геологических формации Западно-Сибирской и Сибирской платформ;
- Виды полезных ископаемых, расположенных в регионе (в пределах Западно-Сибирской и Сибирской платформ), и ранг вмещающих их объектов (месторождения, проявления, площади);
- Сравнительная минерагеническая характеристика Сибирской древней и Западно-Сибирской молодой платформ.

#### **Задание:**

1. Определить минерагеническую специализацию основных геодинамических комплексов и геологических формации слагающих южные части Западно-Сибирской и Сибирской платформ.
2. Провести сравнительный минерагенический анализ южных частей Западно-Сибирской и Сибирской платформ.

Результат работы оформляется в виде таблицы и сопровождающий ее записки (текста), в которой дается характеристика рудоносных геодинамических комплексов, геологических формации и минерагенической специализации в пределах каждой из платформ и их сравнительная характеристика.

Форма таблицы приведена ниже.

Таблица 2

Региональная минерагения платформ и их сравнительная характеристика

Геодинамическая система	Геодинамический комплекс	Геологическая формация и её возраст	Месторождения (м), проявления (п),		Выводы
			Западно-Сибирская платформа	Сибирская платформа	

### 3. ИСТОРИЧЕСКАЯ МИНЕРАГЕНИЯ

*Историческая минерагения* - раздел минерагении, рассматривающий закономерности проявления различных рудообразующих процессов в геологическом времени, выявляющий специфику различных рудообразующих эпох и факторы, влияющие на распределение МПИ во времени. Эти задачи решаются путем установления эволюции металлогенических обстановок, оценки роли различных рудообразующих процессов, анализа интенсивности рудообразования, выявления характера распределения во времени рудообразующих процессов.

*Металлогеническая (минерагеническая) эпоха* - отрезок геологического времени в развитии процессов эндогенного оруденения, отвечающий геотектоническому этапу (эпохе) развития. В пределах крупных геотектонических структурных элементов минерагенические эпохи различаются по специфичности развития минерализации. Минерагенические эпохи выделяются в связи с неравномерностью возникновения месторождений во времени в течение истории Земли. Поскольку для образования месторождений имеет большое значение геотектонические этапы развития региона, то минерагенические эпохи выделяются в пределах следующих этапов: докембрийский этап (*архейская, ранне- и среднепротерозойская, раннерифейская и позднерифейская эпохи*); фанерозойский этап (*палеозойская и мезозойско-кайнозойская эпохи*).

В соответствии с минерагеническим методом анализа можно также провести различие между исследованием минерагенических эпох в целом (т. е. развития процессов формирования месторождений в истории Земли), минерагенических эпох образования отдельных видов полезного ископаемого (т. е. времени возникновения концентраций в земной коре определенного полезного ископаемого). Ниже приведены основные тектономагматические циклы и соответствующие ими минерагенические эпохи (табл. 3).

Таблица 3

**Основные тектономагматические циклы и соответствующие им  
минерагенические эпохи**

<i>Номера циклов</i>	<i>Тектономагматические циклы (возраст)</i>	<i>Минерагенические эпохи</i>		
		<i>Этап, возраст, (млрд.лет)</i>	<i>Возраст, млрд.лет</i>	<i>Период</i>
1	Алданский (AR <sub>1</sub> )	Гренландский	4,8-3,8	Лунный
		Кольский	3,8-2,8	Нуклеарный
2	Киватинский (AR <sub>2</sub> )	Беломорский 2,8-2,3	2,8-1,8	Протогеосинклинальный
3	Карельский (PR <sub>1</sub> )	Карельский 2,3-1,8		
4	Байкальский (PR <sub>2</sub> - €)	Готский	1,8-1,5	Интрагеосинклинальный
		Гренвальский 1,5-1,0	1,5-0,1	Неогеосинклинальный
		Байкальский 1,0-0,6		
5	Каледонский (PR <sub>2</sub> - D <sub>1</sub> )	Каледонский 0,6-0,4		
6	Герцинский (D <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> )	Герцинский 0,4-0,25	0,25-0,1	
7	Киммерийский / андийский (T <sub>3</sub> - J <sub>3</sub> )	Киммерийский 0,25-0,1		
8	Ларамийский (K <sub>1</sub> - P <sub>1</sub> )			
9	Новейший (P <sub>2</sub> - Q <sub>1</sub> )	Альпийский	0,1-0	Рифтогенный



## Практическое задание № 6

### «Историческая минерагения рудоносных геодинамических комплексов и геодинамических формаций»

Группа делится на подгруппы по 3-4 человека. Каждая из подгрупп изучает предложенную ей минерагеническую карту масштаба 1 : 2 500 000 – 1 : 500 000 с целью проведения исторического минерагенического анализа определенного геодинамического комплекса (ГДК): эпиплатформенного внутриконтинентального рифтогенеза, рифтогенно-спредингового, субдукционного, коллизионного, платформенного, эпиплатформенного внутриконтинентального орогенеза. Каждая подгруппа получает задание по одному региону. С карты снимается следующая информация:

- Данные (вид, размер и др.) о месторождении и проявлениях полезных ископаемых, приуроченных к предложенному геодинамическому комплексу (ГДК);
- Формационная приуроченность месторождений и проявлений полезных ископаемых, локализованных в предложенном геодинамическом комплексе;
- Возраст геологических формаций и геологических комплексов, вмещающих полезные ископаемые.

**Задание:** определить минерагеническую специализацию геологических формации по полезным ископаемым, установить смены минерагенической специализации геологических формации во времени и определить тенденции (тренды) минерагенической эволюции основных геодинамических комплексов изучаемого региона.

Результат работы оформляется в виде таблицы и сопровождающей её записки (текста), отражающих данные о минерагенической специализации и минерагенической эволюции геодинамических комплексов (ГДК) в геологическом времени.

Пример заполнения таблицы представлен ниже.

**Историческая минерагения геодинамического комплекса осадочных бассейнов и континентального склона и подножия**

Геодинамическая система	Геодинамический комплекс	Геологическая формация и её возраст	Месторождения и проявления	Вид сырья и размеры объектов (в скобках)	Тренды эволюционирования минерагении геодинамических комплексов (ГДК)
Пассивных континентальных окраин и осадочных бассейнов микроконтинентов и платформ (Os)	Осадочных бассейнов и континентального склона и подножия (Os <sub>2</sub> )	Терригенно-кремнисто-карбонатная Os <sub>2</sub> <sup>4</sup> (PR <sub>2</sub> - €)	2. Ивановская м.	Барит (крупное)	В промежутки времени PR <sub>2</sub> - D <sub>1</sub> происходит смена минерагенической специализации терригенно-кремнисто-карбонатной формации пассивных континентальных окраин и осадочных бассейнов микроконтинентов и платформ от комплексной (барит, фосфориты, хризотил-асбест) на мономинеральную (фосфориты) и др.
			5. Петровское м.	Хризотель-асбест (мелкое)	
			10. Сидоровское м.	Фосфориты (мелкое)	
		Карбонатно-терригенно-кремнистая Os <sub>2</sub> <sup>4</sup> (PR <sub>2</sub> - €)	8. Радужное м.	Барит (среднее)	
			6.Первоклассное м.	Фосфориты (среднее)	
Терригенно-глинисто-кремнистая Os <sub>2</sub> <sup>5</sup> (PR <sub>2</sub> - D <sub>1</sub> )	13. Хопсек м.	Фосфориты (крупное)			

## Практическое задание № 7

### «Характеристика минерагенических провинций (зон) по тектоно-магматическим циклам и минерагеническим эпохам»

Группа делится на подгруппы по 3-4 человека. Каждая из подгрупп изучает предложенную ей минерагеническую провинцию (пояс) на «Прогнозно-минерагенической карте южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе» масштаба 1 : 2 500 000 с целью проведения исторического минерагенического анализа по тектоно-магматическим циклам и минерагеническим эпохам. Каждая подгруппа получает задание по двум регионам.

С карты снимается следующая информация:

1. Геодинамические системы, прослеживаемые в предложенной минерагенической провинции (поясе), развитие геодинамических комплексов и их геологические формации в пределах этих систем;
2. Распространение месторождений полезных ископаемых (МПИ) и минерального сырья, в пределах каждой геодинамической системы, комплексов и их геологических формаций;
3. Минерагеническая специализация каждой геологической формации;
4. Приуроченность геодинамических систем, комплексов, геологических формаций, МПИ и минерагенических специализаций геологических формаций к тектоно-магматическим циклам и минерагеническим эпохам.

#### Задание:

1. Оформить геодинамические системы (геодинамические комплексы, геологические формации и т.д.) в порядке последовательности проявления их в природе, в рамках предложенной минерагенической провинции (поясе), руководствуясь условным обозначением карты.
2. Дать историческую минерагеническую характеристику предложенной минерагенической провинции (пояса) по минерагеническим эпохам.

Результат работы оформляется в виде таблицы, сопровождающей её записку (текста), отражающих основные результаты проведенного исторического минерагенического анализа.

#### **4. СПЕЦИАЛЬНАЯ МИНЕРАГЕНИЯ**

Если общая минерагения занимается основными закономерностями образования и размещения месторождений полезных ископаемых, то в задачу специальной минерагении входит анализ специфических условий образования и размещения различных типов месторождений и разновидностей минерального сырья. В соответствии с основными принципами минерагенического анализа эти типы рассматриваются не изолированно, а в связи с формационной обстановкой. Исследования с точки зрения специальной минерагении определенных типов месторождений и разновидностей минерального сырья базируются на данных о геотектоническом, магматическом, палеогеографическом и седиментологическом развитии областей и структур, вмещающих эти месторождения. Цель такого исследования заключается в том, чтобы для соответствующих типов месторождений и разновидностей минерального сырья дать в форме системы определенных факторов и индикаторов анализ специфических условий их образования и специфических признаков их проявления.

## Практическое задание № 8

### «Специальная минерагения определенных видов полезных ископаемых»

Группа делится на подгруппы по 3-4 человека. Каждая из подгрупп изучает предложенную ей минерагеническую карту масштаба 1 : 2 500 000 – 1 : 500 000 с целью проведения специального минерагенического анализа предложенного полезного ископаемого (барит, фосфорит, хризотил-асбест, апатит, магнезит, тальк, бентониты, каолины и др.).

Каждая подгруппа получает задание по одному региону.

С карты снимается следующая информация:

- Размещение месторождений и проявлений избранного вида полезного ископаемого в тектонических структурах (элементы региональной минерагении);

- Приуроченность месторождений и проявлений избранного вида полезного ископаемого к определенным геодинамическим комплексам и геологическим формациям;

- Выявление каждому рудоносному геодинамическому комплексу и геологической формации трендов эволюционирования процессов рудогенеза во времени (элементы исторической минерагении).

**Задание:** определить приуроченность (минерагеническую специализацию) и тенденции (тренды) минерагенической эволюции данного полезного ископаемого.

Результат работы оформляется в виде таблицы, сопровождающей её записку (текста), отражающих основные результаты проведенного специального минерагенического анализа.

Пример заполнения таблицы представлен далее.

## Специальная минералогия апоультрамафитового хризотил-асбеста

Геодинамическая система	Геодинамический комплекс	Геологическая формация (возраст)	Месторождения и проявления (Размеры)	Тренд эволюционирования процессов рудогенеза
Рифтогенно-спрединговая (R)	Спрединговых центров межплитных бассейнов (R <sub>1</sub> )	Дунить-перидотитовая R <sub>1</sub> <sup>4</sup> - (PR <sub>2</sub> - €)	15. Ивановское месторождение (уникальное); 20. Петровское месторождение (крупное);	Тренд эволюционирования апоультрамафитового хризотил-асбеста в океанических обстановках (спрединговых центров межплитных бассейнов - R <sub>1</sub> ) заключается в уменьшении размеров месторождений и его исчезновении в геологическом времени от PR <sub>2</sub> - € до D <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> .
		Дунить-перидотитовая R <sub>1</sub> <sup>5</sup> - (PR <sub>2</sub> - D <sub>1</sub> )	22. Сидоровское месторождение (мелкое);	
		Дунить-перидотитовая R <sub>1</sub> <sup>6</sup> - (D <sub>1</sub> - T <sub>2</sub> )	Объекты отсутствуют	

## Практическое задание № 9

### «Минерагеническое районирование рудоносных площадей»

Группа разбивается на подгруппы по 3-4 человека. Каждая из подгрупп изучает предложенную ей минерагеническую карту масштаба 1 : 2 500 000 с целью проведения специального минерагенического анализа и возможной характеристики минерагении выделенных таксонов (элементов) уровня минерагенических провинций, областей и рудоносных зон районов.

Регионы:

1. Алтае-Саянская область
2. Саяно-Енисейско-Байкальская область
3. Алдано-Становой щит

#### *Материалы, используемые в рамках выполнения задания:*

- Прогнозно-минерагеническая карта южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Карта ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., - 2010 г.;

- Литература по геологии и закономерностям размещения месторождения неметаллических полезных ископаемых;

- Металлогения: учебник / В. И. Старостин. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: КДУ, 2012. - 560 с;

- Минерагения: Учебно-методическое пособие / В.С. Полянин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 176 с.



**Задание:**

- Выделить в составе складчатых областей и платформ минерагенических таксонов уровня минерагенических провинций, областей и рудоносных зон, районов и дать характеристику минерагении выделенных таксонов;

- Освоить навыки чтения прогнозно-минерагенических карт и снятие с них геологической и минерагенической информации.

Результат работы оформляется в виде таблицы, сопровождающей её записку (текста), отражающих основные результаты проведенного специального минерагенического анализа.

Образец заполнения таблицы на примере Алтае-Саянской минерагенической провинции приведен в табл. 6.

*Таблица 6*

**Минерагеническая характеристика Алтае-Саянской минерагенической провинции**

Номер и название минерагенической зоны или области	Минерагеническая специализация	Номер и название рудной зоны или района	Минерагеническая характеристика (размеры)	Продуктивные геодинамические комплексы и геологические формации
<b>11</b> – 3. Петровская зона	Хризотил-асбест, барит	<b>11-3-1.</b> Ивановский район	Хризотил-асбест (крупные)	Срединно-океанических и спрединговых хребтов, <u>Дунит-гарцбургитовая</u>
		<b>11-3-2.</b> Семеновская зона	Барит (мелкие)	Пассивных континентальных окраин, <u>терригенно-кремнистая</u>

## **5. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ, ПЛОЩАДЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

В результате проведения ГРР оцениваются запасы и прогнозные ресурсы полезных ископаемых.

Подсчет запасов МПИ – это определение количества и качества минерального сырья в недрах. Он производится по результатам проведения разведочных и оценочных работ.

Оценка прогнозных ресурсов – это определение количества и качества прогнозных ресурсов в пределах исследуемых и прогнозируемых площадей по совокупности признаков.

**Запасы полезных ископаемых** – обнаруженное в известных месторождениях и подсчитанное в единицах массы или объема количество полезного компонента (металла, минерала или породы) или руды.

Запасы балансовые – запасы, использование которых экономически целесообразно (удовлетворяет требованиям к количеству и качеству, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах).

**Ресурсы прогнозные (ПР)** – количество минерального сырья промышленных кондиций в пределах разноранговых площадей (провинциях, минерагенетических зонах, рудных полях и др.) и месторождений, наличие которых предполагается на основании известных закономерностей размещения и образования месторождений определенного типа. В зависимости от степени обоснованности подразделяются на категории  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  и ресурсы металлогенические.

**Прогнозные ресурсы категории  $P_1$**  учитывают возможность расширения площадей распространения полезного ископаемого за пределы контуров подсчета запасов или выявления новых рудных тел полезного ископаемого на рудопроявлениях, разведанных и разведываемых месторождениях. Для количественной оценки ресурсов  $P_1$  используются геологически обоснованные представления о размерах и условиях залегания известных тел. Оценка ресурсов основывается на результатах геологических, геофизических и геохимических ис-

следований площадей возможного нахождения полезного ископаемого, а также на материалах одиночных поисковых скважин и геологической экстраполяции структурных, литологических, стратиграфических и др. особенностей размещения оруденения.

**Прогнозные ресурсы категории  $P_2$**  учитывают возможность обнаружения в бассейне, рудном районе, узле, поле новых месторождений, предполагаемое наличие которых основывается на положительной оценке выявленных при крупномасштабной геологической съемке и поисковых работах проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий, рудоносная природа и возможная перспективность которых установлены единичными выработками. Количественная оценка ресурсов, представления о размерах предполагаемых месторождений, минеральном составе и качестве руд основываются на аналогиях с известными месторождениями того же формационного типа. ПР оцениваются до глубин, доступных для эксплуатации.

**Прогнозные ресурсы категории  $P_3$**  учитывают лишь потенциальную возможность открытия месторождений того или иного вида полезного ископаемого на основании благоприятных магматических, стратиграфических, литологических, тектонических и палеогеографических предпосылок, выявленных на исследуемой площади при средне- и крупномасштабной геологической. Количественная оценка ПР этой категории производится без привязки к конкретным объектам по предположительным параметрам на основе аналогии с более изученными регионами, площадями и бассейнами, где имеются разведанные месторождения того или иного типа.

**Прогнозирование (прогноз) месторождений (рудоносности, полезных ископаемых)** – научное предвидение наличия МПИ того или иного типа или перспективных на них рудоносных площадей на основе известных закономерностей развития геологических систем и объектов. В задачи прогноза входит выделение на базе ранее выполненных геологических съемок и др. работ рудоносных объектов, оценка количества и качества ресурсов в них.

Прогнозные исследования представляют собой, по сути, предпроектные работы, обосновывающие возможность перехода к более детальным работам соответствующих стадий.

Определены **основные принципы прогнозирования** минерального сырья:

- Принцип вероятного подобия: наиболее вероятно, что сходным геологическим обстановкам со сходной историей развития будет свойственно близкое по типам и масштабам оруденения.

- Принцип взаимосвязи характеристик рассеяния и концентрации элементов и минералов: масштабы накопления элемента (минерала) в промышленных концентрациях в пределах месторождений и рудоносных площадей разного иерархического уровня, его средние концентрации определяются его распространением в земной коре.

- Принцип обратной зависимости частоты встречаемости рудоносных объектов от их размеров.

- Принцип системности объединяет принципы соответствия и последовательного приближения. Первый предусматривает единый иерархический уровень для эталонных и оцениваемых объектов, второй – определяет стадийность ГРР и этапов металлогенического анализа территорий и др. объектов прогнозирования.

**Поисковые предпосылки** – геологические признаки, указывающие на возможность образования месторождений и локализации их в данной геологической обстановке.

Выделяют ряд типов поисковых предпосылок: это предпосылки геоморфологические, геохимические, геофизические, литолого-фациальные, магматические, стратиграфические, структурные и др.

Прогнозные исследования проводятся на всех стадиях геолого-разведочного процесса, начиная с глобального уровня и до разведочного включительно.

Прогнозирование МПИ глобальное – определение общемировых (планетарных) ресурсов минерального сырья, а также ресурсов континентов, крупных стран.

Прогнозирование МПИ обзорное – прогнозирование на стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых с составлением обзорных карт масштаба 1 : 5 000 000 и мельче, обобщающих информацию о металлогении крупных территорий (м-б 1 : 1 000 000 и 1 : 200 000) на основе широких межрегиональных и глобальных построений и сопоставлений. Объектами изучения являются территория России, крупные регионы.

Прогнозирование МПИ мелкомасштабное – прогнозирование на стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых с составлением металлогенических и прогнозных карт масштаба 1 : 1 000 000 - 1 : 500 000, входящих в комплект Государственных карт геологического содержания. Прогнозирование производится на основе обобщения результатов всех ранее проведенных съемок масштабов 1 : 200 000 и крупнее с использованием геофизических, геохимических, аэрокосмических и др. данных.

Прогнозирование МПИ среднемасштабное – прогнозирование на стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых с составлением карт прогнозно-металлогенического содержания масштаба 1 : 200 000 - 1 : 100 000, входящих в комплект Государственных карт. Выделяются металлогенические зоны, бассейны, рудные районы и узлы. Оценка прогнозных ресурсов по категории  $P_3$  дается для объектов ранга бассейна, рудного района и узла для всех видов полезных ископаемых, месторождения которых могут быть здесь обнаружены. Возможность нахождения месторождений на площади прогноза должна подтверждаться наличием их прямых признаков или обосновываться сходством косвенных признаков оцениваемой территории с такими же признакам, типичными для эталонных площадей с уже известными месторождениями данного полезного ископаемого. Количественные и качественные характеристики прогнозных ресурсов категории  $P_3$  определя-

ются по предположительным параметрам (удельной продуктивности, интенсивности оруденения, прямой аналогии и т. п.) на основе сравнения с более изученными районами, площадями, зонами, полями, где имеются разведанные или оцененные месторождения того же типа, что и предполагаемые.

Ресурсы категории  $P_3$  получают положительную геолого-экономическую оценку, если их масштабы и качество свидетельствуют о возможности открытия на территории прогноза промышленно значимого месторождения.

Прогнозирование МПИ крупномасштабное – прогнозирование на стадии регионального геологического изучения недр и прогнозирования полезных ископаемых с составлением прогнозно-металлогенических карт масштаба 1 : 50 000 - 1 : 25 000). Дается оценка прогнозных ресурсов потенциальных рудных полей по категориям  $P_3$  и  $P_2$ .

Прогнозирование МПИ на стадии поисковых работ – проводится в пределах бассейнов, рудных районов, узлов и полей, выявленных при региональных геолого-металлогенических исследованиях масштабов 1 : 200 000 - 1 : 50 000, по которым имеются оценки прогнозных ресурсов категорий  $P_3$  и  $P_2$ . Поиски проводятся в масштабах 1 : 200 000 - 1 : 10 000 с выделением перспективных геофизических и геохимических аномалий, участков, проявлений полезных ископаемых. По указанным объектам на основе результатов геологических, геофизических и геохимических исследований оцениваются прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_1$  и дается их геолого-экономическая оценка.

Прогнозирование МПИ (рудных тел) на стадии оценочных работ (локальное прогнозирование) – проводится на обнаруженных проявлениях полезных ископаемых при исследованиях в масштабах 1 : 25 000 - 1 : 10 000 и 1 : 5 000 - 1 : 1 000 (для сложных и мелких месторождений). По результатам вскрытия тел полезных ископаемых в естественных обнажениях и горных выработках приблизительно оконтуривается их положение в пространстве, и в пределах этого геометризованного объема подсчитываются запасы категории  $C_2$ . По всей остальной менее изученной части месторождения оцениваются в количественном и качественном отношении прогнозные ресурсы категории  $P_1$ . Параметры

прогнозных ресурсов устанавливаются на основании экстраполяции результатов по рудным телам, запасы которых оценены по категории  $C_2$ , с учетом остальных известных геологических, геофизических, геохимических и геоморфологических данных, а также по аналогии с другими (эксплуатируемыми, разведанными или оцененными) месторождениями того же типа.

При этом обязательно проводится геолого-экономическая оценка объектов, завершающаяся технико-экономическим обоснованием промышленной ценности месторождения и рекомендацией о целесообразности передачи объекта в разведку и освоение.

Прогнозирование МПИ (рудных тел) на стадии разведки (детальное прогнозирование) – проводится на месторождениях с технико-экономическим обоснованием (ТЭО) его промышленной ценности, составленным по результатам оценочных работ. По результатам разведочных работ оцениваются запасы категорий  $C_2$  и  $C_1$ .

Прогнозные ресурсы оцениваются различными методами:

**Метод оценки ПР дифференциальный** базируется на анализе особенностей геологического строения территорий, выделении закономерностей размещения полезных ископаемых, критериев прогнозной оценки площадей разного ранга, установлении закономерностей связи рудоносности с особенностями геологического строения территорий.

**Метод оценки ПР по аналогии (метод геологической аналогии)** базируется на принципе вероятностного подобия: наиболее вероятно, что сходным геологическим обстановкам со сходной историей развития будет свойственно близкое по типу и масштабам оруденение. Анализируются две группы объектов одного иерархического уровня: эталонные (рудоносные) и оцениваемые (потенциально рудоносные). ПР минерального сырья объекта прогнозирования определяются по формуле Быховера:

$$ПР = К*q*V \quad (1)$$

где  $q$  – удельная рудоносность (продуктивность) эталонной территории,  $V$  – геометрические параметры оцениваемой территории,  $K$  – степень подобия эталонной и оцениваемой площадей.

**Метод оценки ПР путем прямых подсчетов по параметрам среды и оруденения** в региональных масштабах применяется для простых морфологических типов оруденения (угля, соли).

**Метод оценки ПР экспертный** основан на использовании индивидуального и коллективного опыта специалистов.



## Практическое задание № 10

### «Количественная оценка прогнозных ресурсов по категории Р<sub>3</sub> методом аналогии»

Объектом оценки прогнозных ресурсов категории Р<sub>3</sub> является площадь в составе металлогенической зоны, перспективная на выявление месторождений известного в российской или мировой МСБ рудно-формационного и геолого-промышленного типа.

Продуктивность металлогенической зоны в целом рекомендуется оценивать вне категорий прогнозных ресурсов как количественно оцененный металлогенический потенциал.

Выделение и оконтуривание перспективных площадей проводится по данным прогнозно-поисковых работ, геофизических и геохимических исследований, а также при ревизии результатов ранее проведенного среднемасштабного геологического изучения с комплексом целевых прогнозно-поисковых работ.

Перспективные площади выделяются по общим геологическим, геофизическим, геохимическим, геоморфологическим и другим признакам, вещественному, фациальному, литолого-петрографическому составу и другим признакам, которые косвенно служат обоснованием для прогнозирования месторождений полезных ископаемых определенного рудно-формационного и геолого-промышленных типов.

По возможности должны быть выявлены прямые признаки, указывающие на присутствие полезного ископаемого в естественных обнажениях, делювиальных и аллювиальных отложениях, шлиховых ореолах и т.д. Необходимые для оконтуривания перспективных площадей данные получают при геологическом картировании естественных и искусственных обнажений, космоаэрогеологическом, геофизическом и геохимическом картировании, по единичным горным выработкам. При значительной мощности перекрывающих отложений - профильными геофизическими и геохимическими исследованиями. Представ-

ления о распространении продуктивных зон на глубину базируются на данных геофизических и геохимических методов или на одиночных скважинах.

За основу оценки прогнозных ресурсов категории  $P_3$  перспективной площади (бассейна, района и т.д. в зависимости от вида полезного ископаемого) принимаются данные о *количестве, масштабах, частоте встречаемости месторождений прогнозируемого типа* в аналогичной по геолого-структурной позиции и *строению* детально изученной пространственной металлогенической категории того же уровня. Прогнозные ресурсы оцениваются без привязки к конкретным объектам в целом для перспективной площади, если выявление месторождений равновероятно в любом её месте, или для отдельных участков этой площади, если их перспективы расцениваются более высоко, чем остальной части.

Содержание полезных компонентов и другие необходимые показатели качества полезного ископаемого принимаются, как правило, по аналогии с промышленными месторождениями прогнозируемого типа. Геолого-промышленный либо рудно-формационный тип возможных месторождений, количество и качество полезного ископаемого являются основными критериями оценки промышленного значения прогнозных ресурсов категории  $P_3$ . При этом показатели прогнозных ресурсов не должны быть хуже тех, которые имеют промышленные месторождения-эталоны в сходных с рассматриваемым районом географо-экономических условиях.

При количественной оценке прогнозных ресурсов категории  $P_3$  допускается использование разнообразных методов и приемов - от экспертных оценок до прямых расчетов. Их выбор зависит от уровня изученности соответствующих площадей и полноты исходной информации. Способы обработки и анализа того или иного вида информации, ограничения применения различных методов достаточно полно рассмотрены в изданиях «Методических руководств по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (выпуски 1986, 1988–1989, 2002 гг.).

В настоящем задании рассматривается основной метод - геологической аналогии, как наиболее часто применяемый, простой и доступный широкому кругу геологов.

Главным условием его использования является сопоставление объектов (эталонного и оцениваемого) одной пространственной металлогенической категории. Недопустимо параметры эталонного месторождения распространять, например, на рудный район, должны сопоставляться только рудные районы. Чем определеннее установлены пространственные границы эталонного и оцениваемого объектов, тем надежнее локализация оцениваемых прогнозных ресурсов.

Количественная оценка прогнозных ресурсов категории  $P_3$  методом аналогии реализуется, как правило, в варианте определения удельной площадной продуктивности потенциально перспективных на обнаружение месторождения площадей по отношению к эталонному объекту. В этом случае количество прогнозных ресурсов находится в прямой зависимости от величины площади и глубины распространения прогнозных ресурсов на перспективном участке и удельной продуктивности эталонного объекта.

Группа делится на подгруппы по 3-4 человека. Каждая из подгрупп изучает предложенную ей минерагеническую карту масштаба 1: 2 500 000 с целью проведения количественной оценки прогнозных ресурсов по категории  $P_3$  методом аналогии.

**Задание:**

1. Изучить ресурсный потенциал основных зон предложенной минерагенической провинции (пояса) и дать их краткое описание;
2. Проводить количественную оценку прогнозного ресурса определенного вида полезного ископаемого (наиболее распространенного) методом аналогии по категории  $P_3$ .

Для проведения количественной оценки прогнозных ресурсов по категории  $P_3$  методом аналогии прежде всего необходимо сделать следующие шаги:

1. Выбор вида полезного ископаемого;
2. Выбор эталонного объекта с установленными геологическими границами, известным геолого-промышленным типом месторождения, запасами, включая погашенные полезные ископаемые (при наличии уникального месторождения его масштаб принимается в количестве, соответствующем рядовому месторождению);
3. Определение площади (объема) эталонного объекта;
4. Вычисление площадной (объемной) удельной продуктивности объекта-эталона;
5. Распространение площадной (объемной) удельной продуктивности объекта-эталона на прогнозируемый объект оценки;
6. Введение поправочного (понижающего) коэффициента подобия.

Площадная удельная продуктивность эталона ( $g$ ) рассчитывается через сумму запасов, включая погашенные полезные ископаемые в единицах массы  $Q_1$  соответствующего вида полезного ископаемого и площадь  $S_1$ , км<sup>2</sup> по формуле:

$$g = Q_1/S_1 \quad (2)$$

Прогнозные ресурсы нового объекта ( $PP_2$ ) определяются через значение его площади ( $S_2$ ) и удельной продуктивности эталона по формуле:

$$PP_2 = K \cdot g \cdot S_2 \quad (3)$$

Поправочный коэффициент ( $K$ ) устанавливается экспертно, исходя из подобия (сходства, идентичности) геологического строения, поисковых критериев и признаков эталона и перспективной площади; обычно ( $K$ ) принимается равным 0,5.

Объемная продуктивность рассчитывается через удельную продуктивность единицы площади эталона на 1 м глубины его оценки (Пуд.) по формуле:

$$\text{Пуд.} = \sum Q_{\text{Эт.}} / (S_{\text{Эт.}} \cdot H_{\text{Эт.}}) \quad (4)$$

где  $Q_{\text{Эт.}}$  - сумма запасов, включая погашенные, в единицах массы соответствующего вида полезного ископаемого;  $S_{\text{Эт.}}$  - площадь эталона,  $\text{км}^2$ ;  $H_{\text{Эт.}}$  - глубина геометризации запасов эталона, м.

Количество прогнозных ресурсов категории  $P_3$  нового объекта определяется по формуле:

$$\text{ПР}(P_3) = S_2 \cdot \text{Пуд.} \cdot H \cdot K \quad (5)$$

где  $S_2$  - площадь объекта оценки прогнозных ресурсов,  $\text{км}^2$ ;  $H$  - глубина оценки прогнозных ресурсов, принимаемая исходя из доступной для отработки глубины прогнозируемого оруденения, м;  $K$  - коэффициент подобия, изменяющийся от 0,1 до 1,0, устанавливается экспертно исходя из идентичности геологических параметров, прогнозных критериев и признаков объекта оценки и эталона.

Кроме коэффициента подобия, могут применяться и другие, отражающие специфику отдельных геолого-промышленных типов эталонных объектов, величины которых должны быть обоснованы.

*Глубина изучения объекта прогноза и эталона ( $H_{\text{Эт.}}$ ,  $H_{\text{ПР}}$ ), объем забалансированных и погашенных запасов ПИ в объекте эталона ( $Q_{\text{Эт}}$ ) и абсолютные отметки (для объекта прогноза и для объекта эталона) задается преподавателем!*

***Материалы, используемые в рамках выполнения задания:***

- Прогнозно-минерагеническая карта южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., – 2010 г.;

- Карта ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока, 2 500 000 масштаба, В.С. Полянин, Вафин Р.Ф., – 2010 г.;

- Литература по геологии и закономерностям размещения месторождений неметаллических полезных ископаемых.

- Минерагения: Учебно-методическое пособие / В.С. Полянин. – Казань: Казан. ун-т, 2017. – 176 с.

- Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедра / Под редакцией А.И. Кривцова; составители: Беневольский Б.И. (руководитель), Аксенов Е.М., и др., – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.

Результат работы оформляется в виде таблицы, сопровождающей её записки (текста), отражающей ресурсные потенциалы основных зон исследуемой провинции (пояса) и основные результаты проведенной количественной оценки прогноза методом аналогии по категории  $P_3$  выбранного вида полезного ископаемого в изученном регионе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Билибин Ю.А.* Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М.: Госгеолтехиздат, 1955. – 87 с.
2. Металлогеническая карта СССР масштаба 1:2500000. Краткая объяснительная записка. – Ленинград: ВСЕГЕИ, 1973. – 32 с.
3. *Полянин В.С.* Геология и минерагения офиолитов: учебное пособие. – Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2010. – 232 с.
4. *Полянин В.С.* Минерагения: Учебно-методическое пособие // Казань: Казан. ун-т, 2017. – 176 с.
5. *Полянин В.С., Полянина Т.А.* Минерагения офиолитов южных регионов Сибири и Дальнего Востока // Разведка и охрана недр. 2011. № 3. С. 23-26.
6. *Полянин, В.С., Вафин Р.Ф.* Карта ресурсного потенциала и перспективности минерагенических подразделений южных регионов Сибири и Дальнего Востока, 2 500 000 масштаба, – 2010 г.
7. *Полянин, В.С., Вафин Р.Ф.* Прогнозно-минерагеническая карта южных регионов Сибири и Дальнего Востока на геодинамической основе, 2 500 000 масштаба, – 2010 г.
8. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедра / Под редакцией А.И. Кривцова; составители: Беневольский Б.И. (руководитель), Аксенов Е.М., и др., – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.
9. Старостин В.И. Металлогения: учебник // 2-е изд., испр. и доп. М.: КДУ, 2012. – 560 с.
10. Bauman L., Tischendorf G. Einführung in die Metallogenie – Minerogenie. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig, 1976.
11. Satalov E. T., Vorschläge zur Bezeichnung und Definition erzführender Flächen. Z. angew. Geol., 16, Berlin, 7/8, С. 339-343, 1970.