

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Судариков'.

Руководитель программы  
аспирантуры  
профессор С.М. Судариков

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ Современные методы гидрогеохимических исследований

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Область науки:	1. Естественные науки
Группа научных специальностей:	1.6. Науки о Земле и окружающей среде
Научная специальность:	1.6.6. Гидрогеология
Направленность (профиль):	Гидрогеология
Отрасли науки:	Геолого-минералогические, технические
Форма освоения программы аспирантуры:	Очная
Срок освоения программы аспирантуры:	3 года
Составители:	д. г.-м.н., проф. С.М. Судариков

Санкт-Петербург

**Содержание практических занятий по курсу «Современные  
методы гидрогеохимического исследований»  
в соответствии с программой**

**1. Методика геохимической съемки. Расчёт местного  
гидрогеохимического фона.**

Цель занятия заключается в выявление гидрохимических потоков и ореолов рассеяния от месторождений или источников загрязнения. Изучение их структуры для оценки миграционных свойств геологической среды и раствора (каждого его компонента).

Геохимическая съемка обычно проводится в комплексе с другими видами геохимического опробования (литохимическое опробование, опробование донных отложений, биогеохимическое опробование, гидрохимическое опробование по скважинам ( на поздних стадиях )). Объектом опробования является воды поверхностных водотоков, реке водных источников. Используемые методы анализа:

- общий химический анализ (во всех случаях ).
- спектральный полуколич. анализ с предварительным упариванием или с осаждением на Cd и  $Al(OH)_3$  ( для определения концентрации микрокомпонентов, в основном тяжелых металлов)
- атомная абсорбция, реже.
- рентгенорадиометрический анализ с предварительным с осаждением на  $Al(OH)_3$ , активированным угле ( для ) используется значительно реже.

Для изучения отдельных компонентов используются специфические анализы. Например: Au – активационный анализ; Нефтепродукты - УК, УФ – спектрохроматография, газовая хроматография и т. д.

Масштаб съемки может быть различным в зависимости от поставленной задачи. Однако наиболее распространены 1 : 50000, 1 : 10000 съемки. Обычно масштаб исследований (для любых геологических работ) определяется количеством точек опробования на единицу площади: 1 точка на 1 см<sup>2</sup> в масштабе съемки (литохимическая съемка, биохимическая съемка, опробование подземных вод).

Рассматриваемое опробование проводится по водотокам (ручьям, рекам), то невозможно равномерно покрыть точками всю площадь и соблюсти выше обозначенный критерий. Поэтому часто масштаб геохимической съемки (а также опробования донных отложений) определяют по расстоянию между соседними точками так, чтобы это расстояние составляло 1 см в масштабе съемки. (1 : 50000→500 м ).

**Задание:** В бассейне р. Белая в пределах гранитоидного массива (граниты, гранодиориты) выявлен ряд полиметаллических рудопроявлений гидротермального генезиса. Рудные тела приурочены к кварцевым жилам; в качестве рудных минералов выделяются халькопирит, арсенопирит,

сфалерит, галенит. Район работ характеризуется расчлененным рельефом (превышения 400 – 600 м); отличается развитием островной многолетней мерзлоты.

Необходимо:

1. Расчет местного гидрогеохимического фона МГФ.
2. Сделать выводы об особенностях гидрогеохимического фона

### **Порядок расчета местного гидрохимического фона.**

1. Для случая с нормальным распределением:

$$C_{\phi} = C_{\text{ср}}$$

Заведомо аномальные содержания определяются априорно для каждого элемента свои. Для этого используется накопленная человечеством геохимическая информация.

В качестве приблизительного критерия заведомой аномальности можно предложить следующее. При этом, если количество заведомо аномальных точек превышает 10% следует отказаться от такого критерия (нужно его ослабить). В этом случае содержание рассматриваемого компонента просто распределено с большой дисперсией ( $S^2$ ) не связанной с аномальностью (т. е. с рудным телом или источником загрязнения).

2. Для случая с логнормальным распределением:

$$C_{\phi} = \text{antlog}(\log C_{\text{ср}})$$

т. е. определяется среднее логарифмическое значение.

### **2-3. Геохимические аномалии. Способы определения аномальных значений**

Геохимическая аномалия – замкнутый объект, в пределах которого содержания во всех точках равны или больше заданного аномального значения.

Заданное аномальное значение выбирается исследователем для выделения слабоконтрастных аномалий. Следует помнить, что заведомо аномальные точки, выделенные ранее, также определяют собой аномалию, причем высококонтрастную.

Способы определения заданных аномальных значений:

- 1) По стандартному отклонению.

Существует интегральная функция  $\Phi(x_a)$ , которая характеризует вероятность того, случайная величина  $x$ , распределенная нормально, по абсолютной величине не превзойдет заданного значения  $X_a$  (имеется в виду незакономерное, случайное значение  $x$ )/

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Исходя из этого, заданное аномальное значение определяют следующим способом:

для нормального распределения  $C_a = C_\phi + 3S$  – правило трех сигм – другое обозначение стандартного отклонения.

Аномальные концентрации (значения):  $C_1 = C_\phi + S$

$$C_2 = C_\phi + 2S$$

$$C_3 = C_\phi + 3S$$

для логнормального распределения

$$X_a = X + 3S_{lg}$$

$$C_a = C_\phi \cdot E^3, \text{ где } E = \text{antly} S_{lg}/$$

Тогда все точки с содержанием считаются аномальными.

Иногда для площадных съемок (литохимическая, биохимическая, опробование подземных вод и т. п.) используют критерий, где  $m$  число близкорасположенных точек, допускающих объединение в единый аномальный контур.

Приведенный способ наиболее статистически обоснован. Однако, бывает, что влияние от рудного тела или от источника загрязнения настолько мало, что соизмеримо со случайными факторами. Тогда появляется опасность не выделить по данному способу слабоконтрастные аномалии.

2) По коэффициенту концентрации.

Коэффициент концентрации – отношение содержания элемента в данной точке к значению местного гидрохимического фона.

Предварительно переводит все содержания в коэффициенты концентрации и по заданному аномальному значению  $KK_a$  определяет аномальные точки. Обычно выбирают  $KK_a=2$ .

Построение изоконцентрат. Аномальные и неаномальные точки вообще не определяются. Строятся изолинии концентраций. Можно выделить только крупные аномалии. Пригоден только для площадных съемок. При гидрохимической съемке и при опробовании донных отложений не применим из-за отсутствия сплошности среды.

**Задание:** В бассейне р. Белая в пределах гранитоидного массива (граниты, гранодиориты) выявлен ряд полиметаллических рудопроявлений гидротермального генезиса. Рудные тела приурочены к кварцевым жилам; в качестве рудных минералов выделяются халькопирит, арсенопирит, сфалерит, галенит. Район работ характеризуется расчлененным рельефом (превышения 400 – 600 м); отличается развитием островной многолетней мерзлоты.

Необходимо:

1. По результатам гидрохимического опробования построить аномалии по различным по микрокомпонентам.
2. Отбраковать ложные аномалии с учетом разделения вод на генетические типы и с учетом режимных наблюдений.

3. Произвести интерпретацию гидрогеохимических аномалий и выделить участки, перспективные на обнаружение сульфидной полиметаллической минерализации.

4. Оценить качество поверхностных вод с точки зрения питьевого водоснабжения и дать предварительное заключение об условиях водоснабжения будущего ГОКа.

#### **4. Гидрохимический мониторинг. Решение генетических задач по формулам смещения.**

Режимные наблюдения – наблюдения в одной или нескольких точках (скважине, источнике, поверхностном водотоке и т. д.) за изменением какого-либо параметра во времени.

Гидрохимические режимные наблюдения – режимные наблюдения за химическим составом воды.

Некоторые причины изменения химического состава.

Естественные:

- разбавление подземных вод и, следовательно, вод поверхностных водотоков во время паводков инфилирующими атмосферными осадками.
- изменение гидродинамической ситуации (изменение скорости фильтрации вод).
- изменение физико-химических условий (температуры, давления, содержания кислорода, углекислого газа и др. параметров).

Действие природных процессов происходит обычно одновременно.

Техногенные:

- периодические выбросы на источнике загрязнения.
- сезонность в орошении и т. д.

Цель занятия заключается в выявлении закономерностей и причин изменения химического состава вод (отделить техногенные причины от природных, определить миграционные параметры. Избавиться от ложных аномалий при гидрохимической съемке, вызванных колебаниями местного гидрохимического фона во времени. Учет того факта, что опробование проводится, как минимум, несколько дней.

Методика проведения: Гидрохимические наблюдения заключаются в отборе проб воды через заранее определенные интервалы времени. В дальнейшем производится анализ отобранных вод и строятся графики режимных наблюдений в координатах  $C=f(t)$ .

Если режимные наблюдения производятся в дополнение к гидрохимической съемке, то опробование ведется обычно в родниках и чаще непосредственно в поверхностных водотоках.

При этом стараются, ставить режимные точки на разных типах участков: различное течение водотока (сток – устье), участки с различными ландшафтными условиями, районы развития различных пород и т. д.

Отбор проб производят обычно через равные промежутки времени. Сложность заключается в том, чтобы определить величину временного интервала опробования, т. к. изменение концентрации компонентов в водах происходит постоянно. Если режимные наблюдения направлены на интерпретацию геохимической съемки, то основной возмущающий момент – это паводковые процессы (влияние атмосферных осадков). В таком случае опробование ведут один раз в сутки (в определенное время). Непосредственно в период выпадения дождя и первые 2-е – 3-е суток за ним пробы отбираются чаще.

**Задание:** В меженный период в поверхностный водоток разгружаются воды деятельного слоя (талые воды). Их минерализация не высока, но больше чем в дождевых водах. Поэтому при выпадении дождя вода в деятельном слое и, следовательно, в поверхностном водотоке разбавляются. При этом, естественно, происходит изменение физико-химической обстановки, что является дополнительным фактором изменения содержаний компонентов.

Оценить соотношение талых вод и дождевых вод, одновременно поступивших в ручей можно по инертному компоненту (содержание мало зависит от физико – химических условий)

### Решение генетических задач с помощью формул смешения.

$$m_{cl} = C_{cl} \cdot V$$

$$m_{pcl} = C_{pcl}$$

$$m_{Tcl} = C_{Tcl} \cdot V_T$$

$$m_{gcl} = C_{gcl} \cdot V_g$$

$$V_{gcl} = \frac{C_{pcl} - C_{gcl}}{C_{Tcl} - C_{gcl}}$$

$$C_{pcl} - \text{содержание Cl в ручьях; } C_{pcl} = 128,7 \text{ мг/л}$$

$$C_{Tcl} - \text{содержание Cl в талых водах; } C_{Tcl} = 86,4 \text{ мг/л}$$

$$C_{gcl} - \text{содержание Cl в дождевых водах; } C_{gcl} = 44,9 \text{ мг/л}$$

Теперь зная долю  $V_T$  талых вод в ручье, можно оценить, какой должна была быть концентрация других компонентов в водах ручья.

$$C_p(Pb) = V_{Tcl} \cdot (C_{Ti} - C_{gi}) + C_{gi}$$

$C_{Ti}$  и  $C_{gi}$  - содержание компонента Zn в талых и дождевых водах

Если истинная (определяем аналитически) концентрация (C) больше концентрации рассчитанной, следовательно, произошло дополнительное поступление i-го компонента в раствор (растворение, десорбция и т. д.). Если - удаление i-го компонента из раствора (осаждение, сорбция, ионный обмен и т. д.).

Получив такую информацию можно судить о химических процессах, происходящих во время выпадения атмосферных осадков.

Содержание  $\text{Cl}^-$

Талые, мг/л	Дождевые, мг/л	Ручей, мг/л
56,8	34,2	67
63,9	35,5	99
71	52,6	111
85,2	65,5	120
113,6	96,8	170
127,8	85,2	205
28	22	49
132	80	200
209	81	301
92	52	132
31	24	51
142	90	222
199	185	301
27	20	39
84	41	125
29	23	51
33	29	45
45	39	67
66	59	89
90	80	105

Учет режимных наблюдений при гидрохимической съемке.

В настоящее время нет единого подхода к учету режимных наблюдений при геохимической съемке.

а) Наиболее простой способ – в дни наиболее сильных отклонений концентраций от среднего (для данной режимной точки) значения работы по производству съемки вообще не производить.

Однако, для этого необходимо знать заранее (утром) содержание всех компонентов в водах режимной точки. Это осуществить достаточно сложно, т. к. определение многих соединений нуждается в стационарной, а не полевой лаборатории. Т. е. требуется время для консервации, транспортировки и самого анализа пробы (обычно не менее нескольких суток, а часто – нескольких месяцев).

Кроме того, каждый компонент раствора ведет себя по разному. Например, для одного соединения повышенное содержание отмечается через сутки после дождя, для другого – через двое суток, а для третьего максимум вообще приходится на меженный период. Таким образом, дней, когда концентрации всех анализируемых компонентов находятся около среднего значения, может оказаться очень мало или вообще не быть.

б) Другой способ заключается в приведении концентрации каждого компонента во всех опробованных точках «к единой дате». Осуществляется он следующим способом:

В том случае, когда в поверхностные водотоки разгружаются воды схожего генезиса (противный вариант рассмотрим на следующем занятии), на первом этапе расчетов определяется среднее содержание каждого компонента в режимных точках на каждый день съемки отдельно.

## **5. Зона санитарной охраны источника водоснабжения**

Водоохранные зоны водных объектов регламентируются постановлениями Правительства РФ «Об утверждении Положения о водоохраных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах»

Водоохранной зоной является территория, примыкающая к акваториям рек, озер, водохранилищ и других поверхностных водных объектов, на которой устанавливается специальный режим хозяйственной и иных видов деятельности с целью предотвращения загрязнения, засорения, заиления и истощения водных объектов, а также сохранения среды обитания объектов животного и растительного мира.

Соблюдение специального режима на территории водоохраных зон является составной частью комплекса природоохранных мер по улучшению гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, санитарного и экологического состояния водных объектов и благоустройству их прибрежных территорий.

В пределах водоохраных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, на территориях которых вводятся дополнительные ограничения природопользования.

Размеры и границы водоохраных зон и прибрежных защитных полос, а также режим их использования устанавливаются исходя из физико-географических, почвенных, гидрологических и других условий с учетом прогноза изменения береговой линии водных объектов и утверждаются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации по представлению бассейновых и других территориальных органов управления использованием и охраной водного фонда Министерства природных ресурсов Российской Федерации, согласованному со специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, органами санитарно-эпидемиологического надзора и органами Федеральной пограничной службы Российской Федерации в соответствии с их полномочиями.

Ширина водоохраных зон и прибрежных защитных полос устанавливается:

- для рек, стариц и озер - от среднемноголетнего уреза воды в летний период;
- для водохранилищ - от уреза воды при нормальном подпорном уровне;
- для морей - от максимального уровня прилива;
- для болот - от их границы (нулевой глубины торфяной залежи).



Для болот в истоках рек, а также для других болот, формирующих сток в водосборном бассейне, водоохранные зоны устанавливаются на прилегающих к ним территориях.

Минимальная ширина водоохранных зон устанавливается для участков рек протяженностью от их истока:

- до 10 км - 50 м
- от 10 до 50 км - 100 м
- от 50 до 100 км - 200 м
- от 100 до 200 км - 300 м
- от 200 до 500 км - 400 м
- от 500 км и более - 500 м

Для истоков рек водоохранная зона устанавливается радиусом не менее 50 метров.

Минимальная ширина водоохранных зон для озер и водохранилищ принимается при площади акватории до 2 кв. километров - 300 метров, от 2 кв. километров и более - 500 метров.

Для определения ширины водоохранных зон верховых болот, формирующих сток постоянных водотоков, применяются те же принципы, что для озер и водохранилищ.

Минимальная ширина водоохранных зон водных объектов, для которых установлены запретные полосы лесов, защищающие нерестилища ценных промысловых видов рыб, принимается равной ширине этих полос.

**Задание:** установить ширину водоохранных зон и прибрежных защитных полос в районе строительства временного поселка изыскателей.

Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов регламентируются СанПин 2.1.4.

ЗСО организуются на всех водопроводах, вне зависимости от ведомственной принадлежности, подающих воду как из поверхностных, так и из подземных источников.

Основной целью создания и обеспечения режима в ЗСО является санитарная охрана от загрязнения источников водоснабжения и водопроводных сооружений, а также территорий, на которых они расположены.

ЗСО организуются в составе трех поясов: первый пояс (строгого режима) включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала. Его назначение защита места водозабора и водозаборных сооружений от случайного или умышленного загрязнения и повреждения. Второй и третий пояса (пояса ограничений) включают территорию, предназначенную для предупреждения загрязнения воды источников водоснабжения.

Санитарная охрана водоводов обеспечивается санитарно-защитной полосой.

В каждом из трех поясов, а также в пределах санитарно-защитной полосы, соответственно их назначению, устанавливается специальный режим

и определяется комплекс мероприятий, направленных на предупреждение ухудшения качества воды.

Факторы, определяющие ЗСО:

1. Дальность распространения загрязнения зависит от:

- вида источника водоснабжения (поверхностный или подземный);
- характера загрязнения (микробное или химическое);
- степени естественной защищенности от поверхностного загрязнения (для подземного источника);
- гидрогеологических или гидрологических условий.

2. При определении размеров поясов ЗСО необходимо учитывать время выживаемости микроорганизмов (2 пояс), а для химического загрязнения дальность распространения, принимая стабильным его состав в водной среде (3 пояс).

Другие факторы, ограничивающие возможность распространения микроорганизмов (адсорбция, температура воды и др.), а также способность химических загрязнений к трансформации и снижение их концентрации под влиянием физико-химических процессов, протекающих в источниках водоснабжения (сорбция, выпадение в осадок и др.), могут учитываться, если закономерности этих процессов достаточно изучены.

**Задание:** Определить границы ЗСО поверхностного источника водоснабжения для будущего посёлка, расположенного в районе РТ-2

## Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Кирюхин В.А. Прикладная гидрогеохимия: Учеб. пособие /Санкт-Петербургский государственный горный университет. СПб, 2011.

2. Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев С.Л. Гидрогеохимия. СПб.: Изд-во СПГГИ (ТУ), 2005. 344 с.

3. Кирюхин В.А., Никитина Н.Б., Судариков С.М. Гидрогеохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989.

4. Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. Издание второе, дополненное / ЦентрЛитНефтеГаз, 2012.-672 с.

5. Недра России. Т 2. Экология геологической среды // под ред. Н.В. Межеловского, А.А. Смылова. СПб–М., 2002.

б) дополнительная литература:

6. Гидрогеология СССР. Сводный том, вып. 1. Ред. *Н.В. Rogovskaya*. М.: Недра, 1976.

7. Гидрогеология СССР. Сводный том, вып. 3. Ред. *Л.С. Язвин*. М.: Недра, 1977.

8. Гидротермальные сульфидные руды и металлоносные осадки океана / Под. ред. И.С. Грамберга. / Гос. ком. Рос. Федерации по геол. и использ. недр, Всесоюз. науч.-исслед. ин-т геол. и минерал. ресурсов Мирового океана СПб: Недра, 1992.

9. Кирюхин В.А., Толстихин Н.И. Региональная гидрогеология. М.: Недра, 1987.

10. Караванов К.П. Методологические исследования в региональной гидрогеологии. Теоретический аспект. М., Наука, 1986.

11. Кольская сверхглубокая. Исследование глубинного строения континентальной коры с помощью бурения Кольской сверхглубокой скважины/ Под ред. Е.А. Козловского. М., Недра, 1984.

12. Кононов В.И. Геохимия термальных областей современного вулканизма. М.: Наука, 1983. Региональный палеогидрогеологический анализ Русской платформы./ Под ред. Е.А. Баскова. Изд. ВСЕГЕИ, 2001.

13. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества.- Введен 2001-09-01. М, 2001. – 62 с.

14. Судариков С.М., Каминский Д.В., Наркевский Е.В. Гидротермальные ореолы рассеяния в природных водах Срединно-Атлантического хребта. – СПб.: ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С.Граммберга», 2014. – 161 с.

15. Учителева Л.Г. Минеральные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна. М., Недра, 1974.

в) программное обеспечение: MS Excel 5.0 и выше, Statistica 6.0 и выше.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: ресурсы Интернет.

### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для лабораторных работ используется специализированная картографическая аудитория, компьютерный класс и массивы данных с результатами гидрогеологической съемки в горных выработках.

### **Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

В качестве оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используются контрольные задания по знанию гидрогеологических особенностей России.

---

**Разработал:**

проф. кафедры ГиИГ С.М. Судариков