

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 read 'Судариков'.

Руководитель программы
аспирантуры
профессор С.М. Судариков

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
Современные методы региональных гидрогеологических
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 региональных гидрогеологических исследований» в соответствии с программой

1. Знакомство с методикой составления гидрогеологических карт. Работа с картами.

Оптимальным масштабом для освоения методики составления гидрогеологических карт является 1:2500000 и мельче [4, 13]. Это обзорные мелкомасштабные карты, которые охватывают обширные регионы, часто всю территорию России. Эти карты позволяют выявить определенные гидрогеологические закономерности и научиться правильно использовать и читать графические изображения гидрогеологической информации.

Карты насыщены условными обозначениями: на них наносится до 10-15 компонентов, характеризующих гидрогеологическую обстановку. На эти карты государственный стандарт не распространяется, поэтому можно познакомиться с разными вариантами их составления, изучить творческие подходы авторов, их взгляды, применяемые картографические приемы и решения.

В качестве образцов для знакомства с методикой составления многокомпонентных гидрогеологических карт мелкого масштаба выбраны обзорные карты, составленные в 1970-1990 гг. во ВСЕГЕИ. Эти богатые по содержанию карты отражают разную идеологию в методике составления карт и понятийно-смысловом базисе толкования их содержания [1, 2; 4, 13].

Задание. Аспирантам предлагается изучить легенду предлагаемых преподавателям карт и самостоятельно оценить различия в подходе к картографированию и возможности оценки гидрогеологических условий с помощью обзорных карт, составленных во ВСЕГЕИ.

2. Знакомство с методикой составления гидрогеохимических карт. Работа с картами.

Для проведения практических занятий рекомендуется использовать гидрогеохимическую карту СССР масштаба 1:5000000 (ред. И. К. Зайцев, Н. И. Толстихин. ВСЕГЕИ, 1966), а также гидрогеохимические карты и схемы из томов Гидрогеологии СССР [6-12, 13].

Задание. 1. Используя рекомендуемые гидрогеохимические карты, составить гидрогеохимическую колонку и дополнить описание гидрогеологических условий региона России, который был охарактеризован при работе с гидрогеологической картой ВСЕГЕИ. Особое внимание следует уделить описанию гидрогеохимических зон и минеральных вод, установленных в регионе.

2. По карте гидрогеологического районирования составить схему

химической поясности подземных вод. Следует выделить цветом гидрогеохимические пояса: с учетом указаний преподавателя.

3. На карте-схеме цветом выделите контуры следующих провинций минеральных вод:

- 1) провинцию углекислых вод;
- 2) провинцию сероводородно-углекислых и азотно-углекислых терм областей современного вулканизма;
- 3) провинцию азотных, азотно-метановых и метановых вод артезианских бассейнов.

Кроме того, могут быть выделены районы холодных кислородно-азотных и азотных вод складчатых областей. Схему следует сопроводить краткой объяснительной запиской, в которой должны быть описаны закономерности распространения основных типов минеральных вод и объяснены причины такого их распределения.

3-4. Рассмотрение и анализ схем общего гидрогеологического районирования. Составление типовых гидрогеологических разрезов по территории России и зарубежных стран.

Для углубленного изучения гидрогеологических условий и закономерностей отдельных регионов, предлагается построить схематические гидрогеологические разрезы.

Основным исходным материалом для построения региональных гидрогеологических разрезов являются общая и гидрохимическая карты ВСЕГЕИ с прилагаемыми к ним колонками-разрезами. Кроме того, для построения разреза в качестве дополнительного материала могут быть привлечены тектонические, геологические, географические и другие карты [6-12] или карты иных изданий [2, 14].

Региональный гидрогеологический разрез через артезианскую область строится по заданному преподавателем профилю. Для удобства построения разреза рекомендуются следующие масштабы: горизонтальный 1:2500000, вертикальный 1:20000.

Пояснительная записка к гидрогеологическому разрезу. Анализ исходного материала разреза следует проводить параллельно с изучением особенностей рассматриваемых структур на общих гидрогеологических картах ВСЕГЕИ, через площади которых проходит линия гидрогеологического разреза.

Рекомендуемый план пояснительной записки к разрезу:

1. Краткая характеристика артезианской области и других структур, по которым проходит гидрогеологический разрез, связь их со смежными гидрогеологическими структурами того же порядка.

2. Преимущественное распространение и закономерности изменения по разрезу основных показателей: а) мощности зон пресных, соленых вод и рассолов; б) состава водорастворенных газов; в) температуры подземных вод; г) мощности многолетнемерзлых пород.

3. Области питания и разгрузки. Закономерности движения подземных вод.

4. Основные водоносные комплексы и региональные водоупоры.

5. Работа на ЭВМ (использование корреляционных зависимостей для выявления региональных закономерностей).

Для выявления происхождения подземных вод в гидрогеохимии широко используются так называемые генетические коэффициенты: Cl/Br , rNa/rCl , He^3/He^4 и др. Большие возможности дает использование для этой же цели статистических методов анализа: корреляционного и факторного.

Корреляционный анализ. Процедура расчета коэффициента корреляции в силу своей простоты и доступности нашла наиболее широкое применение в геологических исследованиях. Коэффициент корреляции является мерой линейной взаимосвязи между двумя случайными величинами. Корреляционная связь бывает положительной (прямой) и отрицательной (обратной). При прямой связи с ростом одного показателя растет и другой, при обратной, наоборот, с увеличением одного показателя другой уменьшается. Коэффициент корреляции может принимать значения от -1 (в случае четкой обратной связи) до +1 (прямая связь). Чем больше абсолютное значение коэффициента корреляции, тем сильнее выражена линейная зависимость переменных [2, 21].

Расчет производится на ПК с использованием пакетов программ по статистической обработке информации.

Пакеты статистических компьютерных программ, кроме расчета выборочных коэффициентов корреляции, позволяют оценить значимость последних. Уровень значимости есть вероятность того, что выборка, для которой рассчитан коэффициент корреляции, получена из генеральной совокупности, в которой он для данной пары переменных равен нулю. Заметим, что для достаточно большой выборки даже низкие коэффициенты корреляции могут быть значимыми, хотя степень линейной зависимости переменных очень мала.

Для выполнения задания можно использовать предлагаемые данные по химическому составу рассолов Ангаро-Ленского артезианского бассейна, а также любые представительные данные из литературных источников [2, 6-12, 14, 15, 17, 19] по заданию преподавателя.

Задание. Выяснить закономерности формирования химического состава рассолов Ангаро-Ленского артезианского бассейна с использованием методов многомерной статистики.

В разрезе Ангаро-Ленского артезианского бассейна условно выделяют три водоносных комплекса:

1) водоносный комплекс надсолевой толщи мощностью до I км, в верхней части которого залегают четвертичные, юрские, пермские, каменноугольные, девонские, ордовикские и верхне-кембрийские терригенные отложения, подстилаемые карбонатными отложениями булайской и бельской свит нижнего кембрия;

2) водоносный комплекс соленосной толщи мощностью более 1 км, водовмещающие породы которого содержат большое количество прослоев галита; возраст пород нижнекембрийский (усольская свита);

3) водоносный горизонт подсолевой толщи.

В пределах водоносных комплексов солевой и подсолевой толщи господствуют рассолы с минерализацией до 600 г/л (табл.).

Химический состав рассолов Ангаро-Ленского артезианского бассейна

Скважина	Содержание элемента, г/л						M, г/л	Cl/Br	rNa/rCl
	Mg	Ca	Cl	Br	SO ₄	HCO ₃			
1	1,9	6,7	110	0,5	1,9	0,1	183	55	0,857
2	6,9	39	185	4,48	0,5	0,03	300	41	0,53
3	0,2	16,9	189	0,85	0,8	0,03	312	222	0,83
4	0,5	29,3	190	1,09	0,4	0,1	312	174	0,7
5	0,1	18,1	190	1,02	0,5	0,01	314	186	0,81
6	4,9	31,7	197	3,37	1,2	0,89	326	58	0,62
7	5,9	32,7	203	2,4	0,3	0,01	330	84	0,61
8	12,9	49,5	215	4,2	0,4	0,31	347	51	0,4
9	7,5	71	226	5,4	0,1	0,08	362	42	0,34
10	6,4	64,3	221	4,49	1,5	1,23	364	49	0,38
11	12,8	85,6	232	7,05	0,2	0,01	367	33	0,17
12	1	62,9	222	3	2,9	0,1	370	74	0,43
13	14,4	45,8	227	3,18	0,2	0,01	373	71	0,3
14	10,6	64,6	238	4,98	0,1	0,01	381	47	0,38
15	7,4	84,6	236	4,3	0,2	0,01	382	55	0,21
16	16,7	88,4	245	4,6	0,1	0,01	382	53	0,15
17	6,1	69,6	236	3,87	0,2	0,22	387	61	0,35
18	14,6	84,2	248	6,9	6,9	0,14	394	36	0,23
19	11,7	115	257	6,2	0,01	0,01	412	41	0,05
20	15,6	87,3	261	7,2	0,1	0,01	414	36	0,2
21	27	58	264	4,29	0,3	1,71	421	60	0,25
22	17,8	89,9	268	6,58	0,1	0,01	423	41	0,19
23	9,1	109	263	5,3	0,1	0,7	424	50	0,11
24	21,6	102	277	6,6	0,1	0,3	434	36	0,03
25	18	99	241	6,78	0,2	0,89	378	41	0,05
26	38,5	92,9	306	6,4	0,01	0,06	473	36	0,05
27	15,5	146,2	321	3,78	0,1	0,9	508	85	0,004
28	15,1	155	333	8,81	0,01	1,28	535	37	0,02
29	9,7	105	246	5,26	0,1	0,57	542	47	0,08
30	16,1	166	373	8,08	1,1	1,55	599	46	0,05
31	0,01	1,7	107	0,05	3,1	0,02	181	2140	0,65
32	0,4	2,11	101	0,07	3,7	0,05	173	1443	0,63
33	1,5	3,06	164	0,08	6	0,12	274	2050	0,6
34	0,6	1,7	165	0,12	4,3	0,02	276	1408	0,63
35	0,2	1,36	184	0,11	4,1	0,04	311	1672	0,65
36	9,2	57,4	210	0,4	0,3	0,03	332	525	0,25

При выполнении задания необходимо провести корреляционный анализ данных по химическому составу рассолов с помощью пакета Statistica 6.0 (и выше), высказать гипотезы об их формировании.

Прежде чем переходить к применению методов многомерной статистики, нужно, используя частотные гистограммы и процедуры описательной статистики, изучить характер распределения компонентов. Для каждого компонента следует установить характер распределения, величину размаха, среднее значение, медиану и т.п. Явно аномальные значения из дальнейшего анализа исключаются.

В случае многомодальных распределений целесообразно разбить исходную выборку на несколько классов (по числу мод). Для каждой из полученных выборок необходимо провести корреляционный анализ между компонентами.

При интерпретации результатов корреляционного анализа гидрохимической информации нужно обратить внимание на соблюдение условия независимости. В данном случае, например, наличие тесной корреляционной связи между хлором и минерализацией объясняется зависимостью последней от содержания макрокомпонентов в растворе. Аналогично при интерпретации корреляционных связей между макрокомпонентами и различными геохимическими коэффициентами нужно учитывать наличие функциональных зависимостей.

При обработке данных на ЭВМ результаты должны быть представлены в виде матрицы $N \times N$, где N - число переменных. Высокие положительные коэффициенты корреляции между элементами говорят, скорее всего, об общности генезиса, отрицательные указывают на различное происхождение.

6. Работа с гидрогеологическими картами и составление разрезов по конкретным регионам.

В России среднемасштабная гидрогеологическая съемка (1:200000) является государственной, т.е. обязательной, и должна охватывать всю территорию страны. Для России это условие к настоящему времени можно считать выполненным. С 1995 г. гидрогеологическому картографированию стал придаваться экологический уклон, и съемка стала называться эколого-гидрогеологической (ЭГИК-200). Требования к методике составления карт по результатам ЭПИК-200 изложены в инструктивном документе [43, 296]. Картографический материал, представляемый в итоге этих работ, включает: гидрогеологическую карту, легенду к ней, два разреза (продольный и поперечный) и гидрогеологическую схему взаимоотношения водоносности четвертичных отложений.

Задание. Аспирантам предлагается изучить легенду предлагаемых преподавателям макетов гидрогеологической карт России масштаба 1:200000 и самостоятельно составить пояснительную записку к гидрогеологической карте по району, выбранному преподавателем. Описание следует сделать по блокам легенды гидрогеологической карты: гидрогеологические подразделения; гидрогеологические показатели; гидрогеохимические и гидрогеотермические показатели; водопункты; запасы подземных вод; природные объекты и процессы; техногенные объекты и сооружения, воздействующие на подземную гидросферу; экологическое состояние подземных вод; прочие знаки.

7-8. Классификация и свёртывание информации при анализе гидрогеологических процессов

Факторный анализ (метод главных компонент). В основу метода, который широко используется в геологии для свёртывания исходной информации и классификации объектов и процессов [2, 15, 17, 19, 21], положено следующее представление: отклонение содержания любого элемента от фонового значения является результатом действия нескольких факторов, которые по-разному влияют на

различные элементы и неодинаковы по интенсивности проявления. После математической обработки [2, 21] исходные данные преобразуются в главные компоненты (факторы). Каждый фактор представляет собой линейную комбинацию исходных переменных; по величине коэффициентов, с которыми входят исходные компоненты в состав факторов, можно дать генетическую интерпретацию последних. Максимальная дисперсия оказывается сосредоточенной в первых главных компонентах, которые несут основную информацию (нагрузку). Так, например, если при анализе данных по химическому составу воды получено, что в один из факторов большой вклад вносят кальций и сульфат-ион, то, вероятнее всего, именно этот фактор и отражает вклад процесса растворения гипса в формирование состава воды. При генетической интерпретации факторного анализа в более сложных случаях расчет значений факторов в каждой точке должен быть совмещен с тщательным геологическим и гидрогеологическим анализом ситуации.

Задание. Для проведения факторного анализа может использоваться та же выборка, что и для расчета коэффициентов корреляции. При выполнении задания с помощью пакета Statistica 6.0 (и выше) необходимо провести факторный анализ данных по химическому составу рассолов, провести классификацию процессов по степени значимости, высказать гипотезы о формировании рассолов.

По результатам расчета необходимо выделить два-три наиболее значимых фактора и дать им генетическую интерпретацию. К отчету необходимо приложить распечатку графика изменения факторных нагрузок от номера фактора и таблицу факторных коэффициентов для первых трех факторов.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Кирюхин В.А. Региональная гидрогеология. СПб. РИЦ СПГГИ. 2005. 344 с.
2. Кирюхин В.А., Петров Н.С. Региональная гидрогеология. Практикум. СПб. Изд-во СПГГИ. 2001. 134 с.
3. Геология окраинных и внутренних морей / Под ред. Ф.С.Моисеенко. М.: Недра. 1979.
4. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:2500000: Объяснительная записка / Ред.: И.К.Зайцев, Н.А.Маринов, Н.И.Толстихин. М.: Госгеолтехиздат, 1961.
5. Гидрогеология Европы / Под ред. Н.А.Маринова. М.: Недра, 1989.
6. Гидрогеология СССР. Сводный том в 5-ти вып. М., Недра, 1976 Вып. 1. Основные закономерности распространения подземных вод.
7. Гидрогеология СССР. Сводный том. Вып. 3. Ресурсы подземных вод СССР и перспективы их использования. М.: Недра, 1977.
8. Гидрогеология СССР. Сводный том. Вып. 4. Влияние производственной деятельности на гидрогеологические и инженерно-геологические условия. М.: Недра. 1973.
9. Гидрогеология СССР. Т. 1. Московская и смежные области. М.: Недра, 1968.
10. Гидрогеология СССР. Т. 3. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. М.: Недра. 1967.
11. Гидрогеология СССР. Т. 14. Урал. М.: Недра, 1972.

12. Гидрогеология СССР. Т. 19. Иркутская область. М.: Недра, 1968.
13. Гидрогеохимическая карта СССР масштаба 1:7500000 / Ред.: И.К. Зайцев, Н.И. Толстихин; ВАГТ. М., 1967.
14. Зайцев И.К. Закономерности распространения и формирования минеральных (промышленных и лечебных) подземных вод на территории СССР / И.К. Зайцев, Н.И. Толстихин. М.: Недра, 1972.
15. Кирюхин В.А., Никитина Н.Б., Судариков С.М. Гидрогеохимия складчатых областей. Л.: Недра, 1989
16. Коротков А.И., Павлов А.Н., Юровский Ю.Г. Гидрогеология шельфовых областей. Л.: Недра, 1980. 212 с.
17. Редкие типы минеральных вод Среднерусского артезианского бассейна / Под ред. А.И. Короткова, А.А. Потапова, В.Г. Румынина. СПб.: Наука, 2013. 303 с.
18. Судариков С.М. О районировании подвижных гидрогеологических областей Океана (на примере Срединно-Атлантического хребта) Гидрогеология и карстоведение, Пермь-Оренбург, 2013.-Вып. 19.-с. 37-46.
19. Судариков С.М. Гидроминеральные проявления в Океане // Геодинамика и рудогенез Мирового океана / Научн. ред. акад. И.С. Грамберг. СПб, ВНИИОкеангеология, 1999. С. 62-72.
- б) дополнительная литература:
20. Кирюхин В.А., Толстихин Н.И. Региональная гидрогеология. М.: Недра, 1987.
21. Судариков С.М. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Методические указания к лабораторным занятиям. СПб, СПбГУ, 2011. – 37 с.
- 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