

процессы: удаление растворенных в воде сероводорода и диоксида углерода; насыщение воды озono-воздушной смесью для окисления железа, марганца и органических соединений; обеззараживание.

Выделившиеся из воды растворенные газы и непрореагировавшая озono-воздушная смесь удаляются из аэратора через деструктор озона в атмосферу. Обработанная вода из блока аэрации и озонирования насосами подается на напорные осветлительные фильтры с зернистой загрузкой, на которой задерживаются нерастворимые соединения тяжелых металлов. Очищенная вода поступает в резервуары чистой воды, из которых подается в поселковую водопроводную сеть насосами станции. Максимальная производительность данного комплекса составляет 2400 м<sup>3</sup>/сут [5].

После водоподготовки показатели цветности и мутности, а также содержание марганца практически достигают нормы (превышая лишь в 1,2 – 1,4 раза), содержание железа общего снижено до минимума и соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01 [4]. Вода на выходе из станции в резервуары чистой воды и вода на выходе из резервуара чистой воды в водопроводную сеть практически не отличается, небольшие превышения норм ПДК наблюдаются по цветности, мутности, жесткости и содержанию марганца.

В процессе дальнейшей работы планируется изучение влияния износа трубопроводов на качество вод, используемых для питьевого водоснабжения в с. Зырянское. Для этого будут проведены повторные анализы вод, оценено их качество, а также проанализированы возможные источники поступления загрязняющих веществ.

#### Литература

1. Официальный сайт «Зырянский район» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zir.tomsknet.ru> (дата обращения: 25. 21. 2016);
2. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина, 1970;
3. Постановление от 21 марта 2012 года № 105а. «Об утверждении государственной программы «Чистая вода Томской области» на 2012 - 2017 годы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/951849763> (дата обращения 10.12.2016);
4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества;
5. Водопользование. Водоснабжение. Водоотведение. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.watermagazine.ru> (дата обращения 05.12.2016);
6. Протоколы лабораторных исследований проб воды в с. Зырянское №3902/П, 3903/П, 3904/П, 3905/П, 3906/П.
7. СанПиН 2.1.4.027-95 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАСЫЩЕННОСТИ ВТОРИЧНЫМИ МИНЕРАЛАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЙОНА ОЗЕРА ИМАНДРА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

Д. А. Воробьева

Научный руководитель доцент Н. В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия

Кольский полуостров расположен на крайнем севере Европейской части России в пределах Мурманской области. Богатство недр здесь стало основой роста горнодобывающей и металлургической промышленности. В тоже время, северные экосистемы обладают высокой чувствительностью к техногенным воздействиям. А наиболее сильно подвержены воздействию хозяйственной деятельности человека водные объекты, в том числе, подземные воды [1]. Поэтому встает вопрос об особенностях формирования вод в таких условиях.

Восточную часть территории водосбора озера Имандра занимает Хибинский массив, откуда в озеро впадают горные ручьи и реки. Западная часть территории, исключая горный массив Мончетундра, вблизи г. Мончегорск, представляет собой холмисто-увалистую равнину, на которой сформированы озерно-речные системы. В западной части водосборной территории озера геологическая структура представлена основными и ультраосновными породами, перекрытыми моренными озерно-ледниковыми и флювиогляциальными отложениями. В восточной части преобладают щелочные породы.

Целью данной работы является исследование химического состава и насыщенности вод района озера Имандра (Кольский полуостров) вторичными минералами.

Гидрогеохимическое опробование подземных вод на территории Мурманской области проведено в июле 2014 г. Объектами опробования послужили родники «Прихибинский» (РВ-1), «Молодежный» (РВ-3), «Поддорожный» (РВ-4), «Болотный» (РВ-7), «Дорожный» (РВ-9(19)), «Горный» (РВ-10(22)), «Спортивный» (РВ-15), «Кислая губа» (РВ-18) (рисунок 1). Родники РВ-1, 7, 10(22), 15, 18 представляют собой зоны разгрузки трещинно-жильных вод кристаллического основания в толще четвертичных отложений, питание которых осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из глубоких зон. Остальные (РВ-3, 4, 9(19)) являются зонами разгрузки водоносных горизонтов флювиогляциальных и озерно-ледниковых отложений с атмосферным питанием [3].



Рис. Карта пунктов гидрогеохимического опробования

Для оценки степени насыщения вод теми или иными минералами использован индекс насыщения (SI), рассчитанный с помощью программного продукта PHREEQC. Значения индекса насыщения изменяются от отрицательных значений при ненасыщенности вод вторичными минералами до положительных при пересыщенности вод. Рассматриваемые воды находятся на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода [2], поэтому были проведены исследования насыщения родниковых вод оксидами и гидроксидами Al, Fe, Pb, Cu, Ni, Mg, Mn, Si, Ca, Zn.

Химический анализ вод проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии научно-образовательного центра «Вода» Томского политехнического университета. Для определения макрокомпонентного состава вод были использованы следующие методы анализов: титриметрия, фотоколориметрия, пламенная фотометрия, потенциометрия, турбидиметрия, жидкостная хроматография. Микрокомпонентный состав вод определялся масс-спектрометрическим методом с

индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Рассматриваемые воды слабкокислые и нейтральные с pH от 5,8 до 7,6, ультрапресные с минерализацией до 0,2 г/л. По анионному составу гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные либо гидрокарбонатно-сульфатные. По катионному составу в основном кальциевые и магниевые-кальциевые [2].

Для водоносных горизонтов, расположенных вблизи дневной поверхности, характерны питание за счет инфильтрации атмосферных осадков, высокие скорости движения вод, следовательно, и интенсивный водообмен, который приводит к многократной смене вод. Это определяет короткий период нахождения воды в горной породе и низкую минерализацию [4]. Среднегодовой модуль подземного стока в районе озера Имандра составляет 3 л/сек\*км<sup>2</sup>. Формирование интенсивного подземного стока здесь определяется положением данной территории в границах Балтийского щита, а также наличием на его краевой части обширных депрессий Баренцева и Белого морей. При этом большое значение имеют особенности климата и высокая расчлененность рельефа [5].

Согласно оценке степени насыщения рассматриваемых вод вторичными минералами рассматриваемые воды насыщены такими гидроксидами алюминия, как бемит, диаспор, гиббсит (таблица). Индекс насыщения у них меняется от 0,1 до 1,5. Также воды насыщены ферритом (0,3-11,2). Наблюдается насыщение соединениями железа: гетитом, гематитом, герцинитом, лепидокрокитом, а ферригидритом и маггемитом во всех рассматриваемых водах, кроме родников PB-7, 9(19), 10. Наибольшие значения индекса насыщения отмечены в родниках предгорья Хибинского массива: «Прихибинский» (PB-1), «Молодежный» (PB-3) и «Поддорожный» (PB-4) по гематиту (12,9 / 12,5 / 12,7 соответственно).

Таблица

Значения индекса насыщения ультрапресных вод района озера Имандра вторичными минералами

Минерал	минимум	максимум	среднее	Минерал	минимум	максимум	среднее
Pb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-38,5	-29,4	-34,2	Цинкит	-8,7	-5,1	-6,6
Платнерита	-28,4	-22,6	-25,5	Куприт	-7,0	-4,4	-5,7
Гаусманнит	-32,6	-16,3	-25,4	Тенорит	-4,5	-2,0	-3,2
Известь	-25,1	-20,9	-23,1	Al(OH) <sub>3</sub> (ам)	-2,1	-1,0	-1,6
Pb <sub>2</sub> O(OH) <sub>2</sub>	-23,5	-16,0	-20,7	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-2,3	0,0	-1,2
Биксбиит	-24,5	-12,7	-19,2	Кристаллит	-1,0	-0,5	-0,7
Бернессит	-20,7	-13,4	-17,4	Халцедон	-0,8	-0,3	-0,5
Пирролюзит	-18,7	-11,3	-15,3	Кварц	-0,4	0,2	-0,1
Брошантит	-18,6	-12,0	-14,9	Ферригидрит	-1,9	2,5	0,4
Портландит	-15,2	-11,0	-13,2	Бемит	0,1	1,3	0,7
Периклаз	-14,1	-10,7	-12,3	Маггемит	-3,8	5,1	0,9
Пирохроит	-12,3	-7,9	-10,4	Гиббсит	0,4	1,5	1,0
Массикот	-11,6	-7,8	-10,1	Герцинит	0,5	2,6	1,6
Манганита	-12,6	-6,6	-9,9	Лепидокрокит	-0,1	4,4	2,2
Шпинель	-10,6	-7,5	-9,1	Диаспор	1,8	3,0	2,4
Ni(OH) <sub>2</sub>	-8,5	-6,9	-7,8	Гетит	0,8	5,2	3,1
Брусит	-9,4	-6,0	-7,6	Феррит (Cu <sup>2+</sup> )	0,3	10,7	5,7
Бунзенит	-8,2	-6,6	-7,4	Гематит	4,0	12,9	8,7

Рассматриваемые воды далеки от насыщения оксидами и гидроксидами марганца, магния, свинца, кальция. Для этих минералов индекс насыщения принимает минимальные значения (порядка -40...-10). Воды очень близки к насыщению оксидами кремния (халцедон, кристобалит, кварц) и теноритом.

Таким образом, ультрапресные подземные воды района озера Имандра (Кольский полуостров) – это воды зоны интенсивного водообмена, где воды имеют короткий период контакта с горной породой. Поэтому рассматриваемые воды находятся на начальных стадиях взаимодействия в системе вода-порода. Они насыщены оксидами и гидроксидами алюминия, меди и железа и ненасыщены соединениями других элементов.

#### Литература

1. Даувальтер, В.А. Химический состав поверхностных вод в зоне влияния комбината «Североникель» [Текст] / В.А. Даувальтер, М.В. Даувальтер, Н.В. Салтан, Е.Н. Семенов // Геохимия. - 2009. - № 6. - С. 628-646.
2. Евтюгина З. А. , Копылова Ю. Г. , Гусева Н. В. , Мазурова И. С. , Русинова (Мехович) Т. А. , Воробьева Д. А. Химический состав природных вод окрестностей озера Имандра (Мурманская область) // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии: материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы, Томск, 23-27 Ноября 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 699-704
3. Ананьев В. Н. Родники Мурманской области: справочник / В. Н. Ананьев. — Мурманск: Книжное изд-во, 2010. — 88 с.
4. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
5. Гидрогеология СССР. Том XXVII. Мурманская область и Карельская АССР, Недра, Москва, 1971 г., 295 стр.

### ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ТИПИЗАЦИИ РОДНИКОВ ПРИРОДНОГО КОМПЛЕКСА ТАРЫС (ТУВА)

**Е.А. Ворожейкина, А.В. Шестакова**

*Научный руководитель зав. каф. ГИГЭ ИПР Н. В. Гусева*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

При решении задач обработки геохимических данных при исследовании процессов формирования геологических и гидрогеологических объектов наиболее широко используются стандартные методы математической статистики. Методы многомерного статистического анализа являются одними из самых эффективных средств выявления закономерностей, скрытых в больших массивах данных, поскольку, как правило, отсутствует возможность непосредственного их наблюдения и измерения. О них можно судить лишь по конечным результатам проявления процессов, отражающихся в значениях различных характеристик, например в химическом составе вод.

Как правило, гидрогеохимические данные представляют собой значительный массив показателей и параметров, а типизация подземных вод, в том числе и минеральных, производится обычно по нескольким основным параметрам – минерализации, температуре, содержанию основных катионов и анионов и бальнеологически активных компонентов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , Br, I, Fe, Rn и др.). Часто для типизации большого массива гидрогеохимических данных применяется кластерный анализ.

Кластерный анализ (англ. cluster analysis) — многомерная статистическая процедура, выполняющая сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающая объекты в сравнительно однородные группы.

В высокогорной местности на юго-востоке Республики Тыва, вблизи границы с Монголией располагается природный комплекс Тарыс, в пределах которого на ограниченной территории разгружаются 29 родников различного химического состава и термального режима [1].

Целью данного исследования является типизация 29 родников, разгружающихся в пределах природного комплекса Тарыс, с учетом особенностей вещественного состава вод и их термального режима и выявление основных параметров, контролирующих различия между выделенными группами.

Первые сведения о Тарыских горячих источниках появились в работе В.М. Левченко в 1932 г. Тарыские источники находятся в отрогах Прихубсугульского нагорья южнее Уш-Белдира в устьевой части речки Аржаанец, притока р. Барахоля у выхода ее в Тарыскую котловину. Опробование 29 родников проводилось в 2015 г. Данные о химическом составе вод источников представлены в работе [1].

Типизация рассматриваемых источников проводилась по пятнадцати гидрохимическим параметрам (Еh, рН, температура, минерализация,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Si,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CO}_3$ , F). Кластерный анализ и построение дендограммы выполнялось в программе STATISTICA.

Результаты кластеризации родников Тарыса представлена на дендограмме (Рис.1).