

3. Китаев Н.А., Гребенщикова В.И. Редкие и рудные элементы в окружающей среде Прибайкалья (коренные породы, донные отложения, почвы). - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. - 123 с.
4. Павлова Л.М., Радомская В.И., Юсупов Д.В., Лукичев А.А. Уран и торий в пылевых аэрозолях на трансграничной (Россия-Китай) урбанизированной территории // Экология урбанизированных территорий. 2014. - № 2. - С. 102 - 108.
5. Юсупов Д.В., Рихванов Л.П., Барановская Н.В., Ялалтдинова А.Р. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. - Т. 327. - № 6. - С. 25 - 36.
6. Ялалтдинова А. Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г. Усть-Каменогорска: дис. ... канд. геол.-минерал. наук / А. Р. Ялалтдинова. - Томск, ТрУ, 2015. - 172 с.

## МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ ГУСИХИНСКОГО ГИДРОТЕРАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА

А.Д. Смолякова

Научный руководитель профессор Л.П. Рихванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Исследования химии минеральных источников Забайкалья и Прибайкалья были начаты в 1772-1774 гг. И.Г. Георги. Первая сводка по минеральным источникам опубликована в 1905 г. Распространение природных минеральных вод определяется сложным сочетанием гидрогеологических, геологических, геотермических и геохимических условий их формирования.

Обогащение терм микрокомпонентами происходит за счет процессов выщелачивания горных пород с нормальным (кларковым) содержанием элементов или выщелачивания вторичных скоплений минералов с повышенными концентрациями. Следствием этого является образование специфических разновидностей азотных терм или внесения в воды тех или иных компонентов из вулканических или магматических пород.

С точки зрения эволюции в целом, и, в частности, эволюции биосферы, микробные сообщества гидротерм представляют значительный интерес и, являются аналогами сообществ, доминировавших на ранних этапах развития жизни на Земной поверхности, так считают многие исследователи по всему миру. [3].

Живые организмы, особенно микроорганизмы, отличаются активным избирательным накоплением определенных химических элементов. Это предопределяется, прежде всего, яркой проявленностью у них концентрационной биогеохимической функции.

### Основные характеристики Гусихинского гидротермального источника.

Данная территория представлена породами кислого и среднего состава (в данном случае это протерозойские интрузивные породы, характерные для Баргузинского комплекса). Гипертермальные воды Гусихинского источника представлены двумя скважинами с температурой 72и 42<sup>0</sup>С и относятся к кульдурскому типу [1].

Для вод трещинно-жильного типа, формирующихся в пределах Икатского хребта характерны высокие концентрации и разнообразие микроэлементов. Воды Гусихинского источника обогащены: Si, Li, Sr, Ba, Zn, Pb, Rb, Fe, Ca, K.

### Миграция химических элементов в экосистеме минерального источника

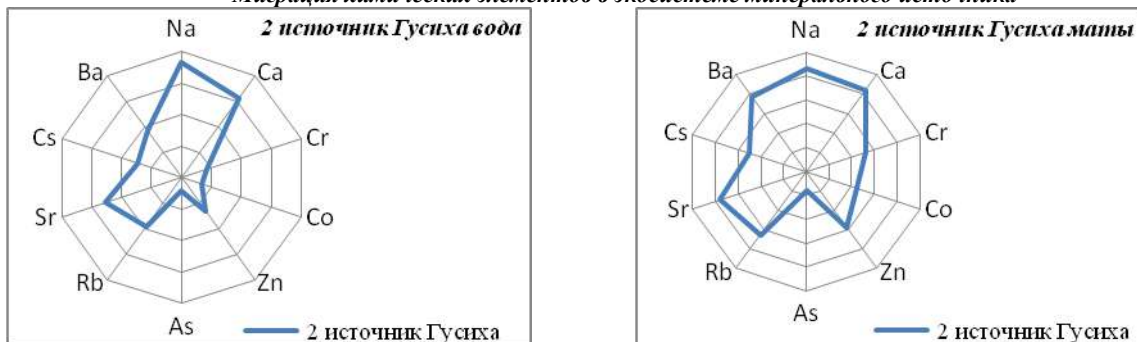


Рис. 1. Диаграммы содержания элементов в средах источника Гусихинский №2

Как мы видим из диаграмм, в системе «вода-мат» наблюдается прямая зависимость между концентрацией элементов в воде и их накоплением в мате, это касается всех элементов, кроме Ba, который переходит в субстрат, и не содержится в больших количествах в цианобактериях. Таким образом, еще раз доказывает то, что мат избирательно поглощает определенные элементы из разных сред.

Особое внимание стоит уделить Na, Sr и As, в субстрате эти элементы с течением времени накапливаются в больших количествах в то время, как в смежных средах минимальны по концентрациям (данная зависимость прослеживается и в источнике №1).

В матах и субстрате источника № 2 сконцентрировано большое количество редкоземельных элементов (таких как La, Ce, Nd, Sm, Eu, Yb, Lu), что соответствует их содержанию в воде данного источника.

Живые организмы, особенно микроорганизмы, отличаются активным избирательным накоплением определенных химических элементов. Это предопределяется, прежде всего, яркой проявленностью у них

концентрационной биогеохимической функции. Концентрационные функции живых организмов, объясняют присутствие в них всех известных на сегодняшний день химических элементов.

Отложения сульфата бария с примесью стронция (рис. 2) (псевдоморфоза облекания барита (Barite  $BaSO_4$  \*) клетками и нитями микроорганизмов).

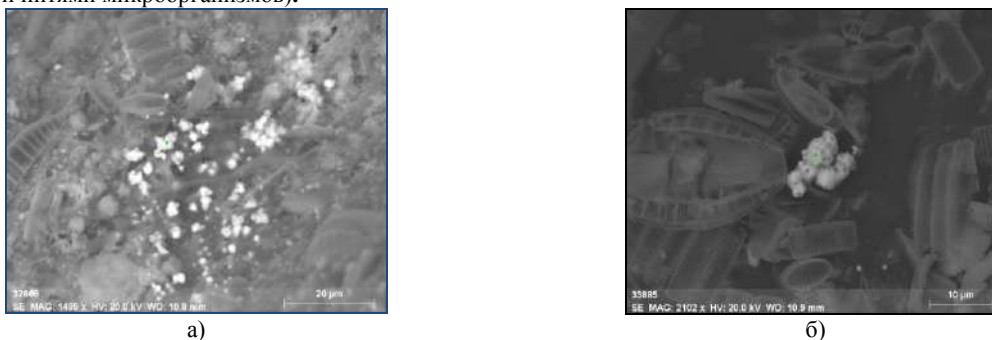


Рис. 2 - Зерна барита\* в мате (средний размер зерна 7 микрон)

Фромбиды пирита (Pyrite  $FeS_2$ \*) представляют собой сложноорганизованные агрегаты кристаллитов, размер которых колеблется от 0,1 до 3,0 мкм (рис. 3), причем размер и форма кристаллитов в объеме одного агрегата могут быть различными. Форма кристаллитов - субсферическая, пентагондодекаэдрическая, октаэдрическая, субкубическая, неправильная [2]. В редких случаях кристаллиты обнаруживают полое строение и микроглобулярную структуру поверхности. Это связано с тем, что сообщества СРБ полностью замещают сульфиды железа и четко отделяют его от матричного вещества.

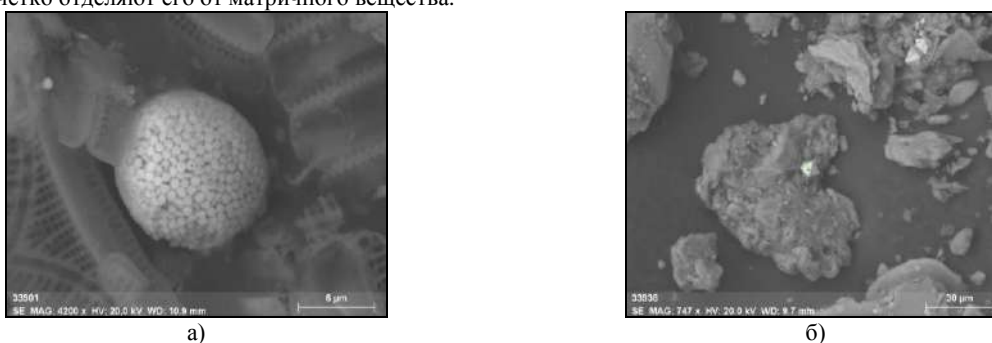


Рис. 3 – Пирита\* (размер зерна 10 микрон)

Циркон\*- минерал подкласса островных силикатов, несмотря на то, что он обычно радиоактивен (всегда содержит примеси радиоактивных (U, Th) и редких (REE) элементов) в исследуемых образцах признаков нахождения радиоактивных элементов не обнаружено (рис. 4).

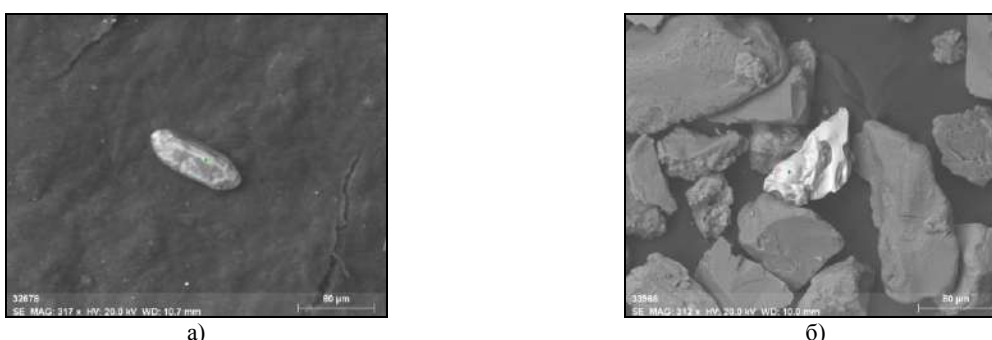


Рис. 4 - Кристалл циркона, обнаруженный в мате при смешении вод гидротермы и озера (размер зерна 100 микрон)

Изучение цианобактериальных матов Гусихинского гидротермального источника еще раз доказывает то, что мат избирательно поглощает определенные элементы из разных сред. Яркая связь проявилась между «вода-мат», тогда как связь «вода-субстрат» не так отчетлива (возможно это связано с различиями нахождения элементов в жидкой среде (вода) и в твердом состоянии. Матами легче поглощаются элементы из воды.

Отдельно стоит отметить избирательное накопление в различных типах матов химических элементов в концентрациях, способствующих образованию полноценных минеральных формаций, это является отличительной особенностью экосистем. Таким образом, состав матов является отражением особенностей геологического строения территории и служит индикатором состояния природных вод.

В статье знаком «\*» обозначен предполагаемый минерал, определенный согласно фазовому составу (по данным сайтов <http://www.mindat.org> и <http://webmineral.com>);

Литература

1. Барабанов Л.Н. Азотные термы СССР / Л.Н. Барабанов, В.Н. Дислер. - М.: Геоминвод ЦНИИ КИФ, 1968. - 120 с.
2. Крайнов С.Р. Геохимия редких элементов в подземных водах / С.Р. Крайнов. - М.: Недра, 1973. - 296 с.
3. Намсараев З.Б. Микробные сообщества щелочных гидротерм / З.Б. Намсараев, В.М. Горленко, Б.Б. Намсараев, Д.Д. Бархутова / Отв. ред. М.Б. Вайнштейн. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. - 111 с.

**АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ЛИСТВЫ ТОПОЛЯ В КОМПЛЕКСЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ МОНИТОРИНГУ Г. НЕРЮНГРИ**

**Н.Н. Сюсин**

Научный руководитель доцент Д.В. Юсупов

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

Нерюнгри - город, центр Нерюнгринского района Республика Саха (Якутия) Российской Федерации. Площадь города – 98,9 км<sup>2</sup>. Площадь района – 93 тыс. км<sup>2</sup> [2].

Нерюнгри располагается в пределах географического региона Южная Якутия. Ее климат характеризуется как резко континентальный, холодный и влажный [9]. Среднегодовая скорость ветра составляет 9 м/с, в розе ветров преобладают северные направления.

Город располагается в пределах Алдано-Станового шита [3]. Над участками сильно расчлененного нагорья здесь поднимается система крупных горных хребтов. Нерюнгринское каменноугольное месторождение расположено в юго-восточной части Алдано-Чульманского угленосного района. Площадь месторождения - 45 км<sup>2</sup> [3].

Многие элементы, включая редкие и рассеянные, присутствуют в углях и отходах их переработки Нерюнгринской обогатительной фабрики. Исследование элементного состава углей, вмещающих горных пород и отходов углепереработки, показало, что в них содержатся цветные и благородные металлы, редкие и редкоземельные элементы. При этом среднее содержание большинства металлов в нем является более высоким, чем их содержание в осадочных горных породах и земной коре.

Из обнаруженных элементов основная доля приходится на породообразующие: Si, Al, Mg, K, Na, Ca, Fe. Несмотря на сравнительно высокое содержание этих элементов в изученных образцах (от 360 до 4800 г/т), выделение их из сырья является нерентабельным, поскольку ни один из них не имеет высокой коммерческой стоимости. Однако, в изученных образцах установлено наличие целого ряда металлов (Mn, Sr, Ga, Ti, Cr, Ge, Ni, Mo, V, Zr, Sc, Y, Yb, La, Ag, Au, Nb, Be, Pb, Sn, Cu, Zn, Co), содержание которых в исходном сырье колеблется от 0.03 до 2600 г/т [5].

Основными источниками пыли являются Нерюнгринские угольный разрез и обогатительная фабрика. Пылеобразование на разрезе происходит при технологических процессах - буровых, взрывных и выемочно-погрузочных работах. При взрывных работах содержание пыли на территории, непосредственно примыкавшей к промзоне, превышало ПДК в 3-5 раз по истечении часа после взрыва. Нерюнгринская обогатительная фабрика вносит вклад в загрязнение воздуха угольной пылью из аспирационных систем; золой уноса, несгоревшими частицами топлива, сернистым ангидридом, окислами азота и углерода из сушильно-топочного отделения.

Результаты литохимических исследований, проведенных с 1985 по 2010 г., позволили проследить трансформацию геохимического поля на протяжении 25 лет. Основные изменения в геохимии почв города связаны с повышением концентрации группы редкоземельных (La, Y) и халькофильных (Zn, Mo, Ag) элементов. Скорость накопления химических элементов в почвах города максимальна для марганца, фосфора, редких земель и цинка, поступление которых в основном связано с атмосферными выбросами угольного разреза.

Биогеохимическая съемка данной территории проведена нами с целью оценки состояния атмосферы и воздействия на нее выбросов различного состава на территории г. Нерюнгри. В качестве объектов эколого-геохимических исследований выбраны листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.). Выбор тополя обусловлен тем, что на территории города Нерюнгри он используется для озеленения, также листья тополя имеют особенности в строении, позволяющие им накапливать химические элементы [5]. Пробы листьев тополя отобраны в начале сентября, после остановки вегетационного роста. Масса биогеохимической пробы составляла 100-200 г сырого вещества. Отобранные пробы паковали в крафт пакеты, фиксировали в журнале с указанием порядкового номера, места отбора проб, даты отбора.

Озоление проб листьев древесных растений приводит к получению концентратов, в которых содержание элементов - индикаторов загрязнения возрастает в сравнении с высушенными пробами в несколько десятков раз. Материал измельчали, брали навеску 10 г, помещали в фарфоровый тигель, озоляли согласно требованиям ГОСТ [4]. Полученную золу растирали в ступке, брали навеску 100±1 мг и упаковывали в алюминиевую фольгу высокой чистоты [3], после чего готовые образцы направляли на инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) в ядерно-геохимическую лабораторию ТПУ (аналитик А.Ф. Судыко).

Анализ содержания химических элементов в листьях тополя на территории г. Нерюнгри показал, что их распределение неравномерно, присутствуют аномальные содержания некоторых элементов, таких как Eu, Nd, U, Ag. Об этом свидетельствует, в частности коэффициент вариации. Он позволяет классифицировать исследуемые пробы по степени их изменчивости, отражает меру неоднородности выборки. В статистике, как правило, совокупности, имеющие коэффициент вариации выше 50%, принято считать неоднородными. Однородные выборки (<50) наблюдаются у Ca, Sr,