

**Рис.1. а) космический снимок территории полевых работ (символом обозначено место обнаружения наиболее массивных новообразований); б) 2 фото корковых новообразований, покрывающих дно прибрежной мелководной части водоема; в) снимок в шлифе тонкоизогольчатых агрегатов галита (николи параллельны); г) снимок в шлифе карбонатных новообразований (николи параллельны); д-е) снимок в шлифе карбонатных новообразований (николи скрещены).**

Исходя из полученной информации можно сделать вывод, что условия, присутствующие в изучаемых водоемах пригодны для образования высокомагнезиальных карбонатов, таких как гидромагнезит (потенциально, магнезит) и доломит. При этом наличие обилия кристаллических форм галита и таких минералов как левезит говорит о схожести геохимических условий с прибрежно-морскими. Также, как известно, образование карбонатов магния связывают с реакцией обменного разложения сульфата магния с  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а источником соединений серы могут служить бактериальные колонии и низшие растения, которые обильно покрывают береговую зону водоемов.

#### Литература

1. Бейтс Р.Л. Геология неметаллических полезных ископаемых. // мир. 1965.
2. Гаськова О.Л. состав рассолов и минеральная зональность донных отложений содовых озер Кулундинской степи (Западная Сибирь). // Геология и геофизика, 2017, т. 58, № 10, с. 1514-1527.
3. Шляпников Д. С. Минеральные компоненты донных отложений озер Урала. // Свердловск издательство уральского университета. 1990 г.
4. William m. Last. Modern and Holocene carbonate sedimentology of two saline volcanic maar lakes, southern Australia // Sedimentology (1990) 37,967-981.
5. William m. Last. Petrology of modern carbonate hardgrounds from East Basin Lake, a saline maar lake, southern Australia // Sedimentary Geology, 81 (1992) 215-229.
6. William m. Last. Carbonate microbialites and hardgrounds from Manito Lake, an alkaline, hypersaline lake in the northern Great Plains of Canada // Sedimentary Geology 225 (2010) 34-49.
7. Daniel A. Petrash. Microbially catalyzed dolomite formation: from near-surface to burial // Earth-Science Reviews, 2017.06.015.
8. Hans g. Machel. Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal // Geological Society, Special Publications (2004) 7-63.
9. John Warren. Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. // Earth-Science Reviews 52 2000. 1-81.

### **БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-ЯГЕЛЬ» НА ТЕРРИТОРИИ РУДНЫХ ПОЛЕЙ АДЫЧА-ТАРЫНСКОЙ ЗОНЫ (ЯКУТИЯ)**

**И.А. Оберемок**

Научный руководитель профессор Е.Г. Язиков

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

Биогенные миграционные потоки являются объектом изучения биогеохимии. Прикладная значимость их выявления и интерпретации находит своё отражение в биогеохимических методах поиска полезных ископаемых. В настоящее время данный метод поиска вносит огромную лепту в расширение минерально-сырьевой базы страны, поскольку является индикатором полезных ископаемых в условиях, где классические способы первичного

выявления сложноприменимы. Биогеохимический метод базируется на выявлении аномалий рудообразующих элементов и их элементов-спутников в растениях, произрастающих в зонах гипергенеза коренных тел. Система «почва-растение» является крайне репрезентативной, поскольку некоторые виды растительности характеризуются безбарьерным накоплением важных поисковых элементов [2].

Для изучения особенностей распределения химических элементов в системе «почва-ягель» была выбрана территория золоторудных полей, относящихся к Адыча-Тарынской зоне: Мало-Тарынское рудное поле, Вьюнское рудное поле, а также рудопоявление Андрей, пространственно приуроченное к Вьюнскому рудному полю. Территориально все объекты относятся к северо-восточной Якутии.

Вьюнское рудное поле расположено в Верхоянском районе Якутии, а Мало-Тарынское - в Оймяконском. Данная местность лежит в субарктической зоне с суровым резко-континентальным климатом, с продолжительной суровой зимой (до 8 мес.) и умеренно теплым коротким летом. Рельеф местности преимущественно среднегорный с повсеместным развитием зон многолетней мерзлоты. Почвы относятся к мерзлотным северотаёжным перегнойно-глебовым, мерзлото таёжным и мерзлотным болотным [5].

Вьюнское рудное поле занимает площадь 117,8 км<sup>2</sup>. В пределах рассматриваемого рудного поля локализованы многочисленные золоторудные, золото-сурьмяные, золото-висмутовые, серебряно-полиметаллические месторождения и рудопоявления, а также золотоносные россыпи. На сегодняшний день хозяйственное освоение территории Вьюнского рудного поля ограничивается ведением геологоразведочных работ, однако территория рудного поля является перспективной для начала добычи полезных ископаемых, в первую очередь - золота.

Мало-Тарынское рудное поле охватывает площадь в 37 км<sup>2</sup>. На его территории в 40-60 годы XX века велась подземная отработка россыпей золота, а в более поздние годы - добыча россыпного золота открытым раздельным способом. На сегодняшний день здесь ведутся геологоразведочные работы и идёт подготовка к добыче коренного золота карьерным способом. После отработки рекультивации произведено не было, поэтому такие элементы техногенного ландшафта как пруды-отстойники и отвалы горных пород - изобилуют на территории рудного поля.

Целью биогеохимических исследований на территории рудных полей является получение данных о фоновом геохимическом состоянии растительности и особенностях концентрирования и рассеяния химических элементов в растениях из почв.

Ягель (*Cladonia rangiferina*) представляет собой морозостойкий кустарниковый лишайник, достигающий в высоту 10-15 см, с небольшим ветвистым слоевищем и многочисленными разветвленными веточками. Лишайники, в частности ягель, являются одним из доминирующих видов растительности в ландшафтах Якутии. Широкое распространение лишайников на территории Якутии позволяет использовать их и в качестве адекватного объекта для изучения механизмов адаптации растений к техногенным воздействиям среды [1].

Точки отбора проб ягеля были совмещены с точками отбора почвы. Образцы почвы отбирались с горизонта 0-10 см, а общее количество комплексных точек отбора проб составило: 34 - на Вьюнском рудном поле в целом, 13 - на рудопоявлении Андрей и 14 - на Мало-Тарынском рудном поле.

Подготовка всех образцов осуществлялась по унифицированным методикам. Пробы ягеля высушивались при комнатной температуре, после чего измельчались ручным способом, а затем - механическим. Пробы почвы после их высушивания просеивались через сито с размером ячейки 1 мм, фракция менее 1 мм подвергалась измельчению на микровиброистирателе. Гомогенизированные пробы почв и пробы сухого вещества ягеля исследовались методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в Химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск).

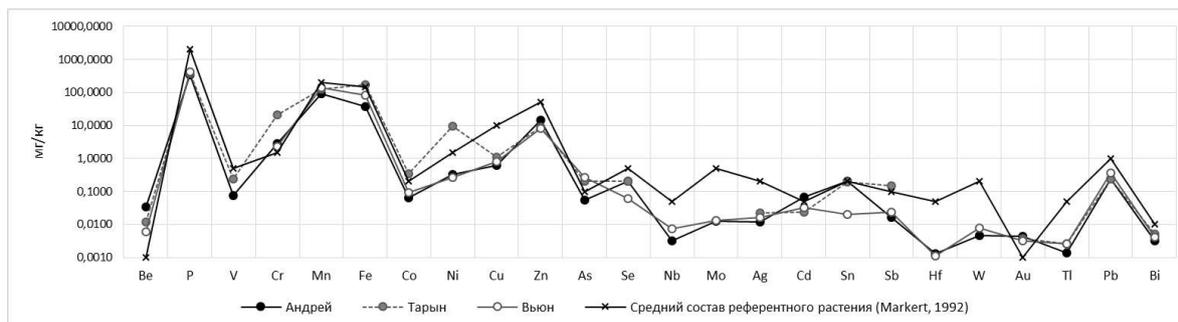
Сравнение средних концентраций химических элементов в сухом веществе ягеля на всех рассматриваемых объектах, показало приближенно сопоставимые содержания химических элементов за исключением аномалий Cr, Co, Ni и Sb на Мало-Тарынском рудном поле. Их повышенные концентрации могут быть обусловлены как техногенным вмешательством в виде прошлой добычи россыпного золота, так и местными геохимическими аномалиями. Соотнесение со средним составом референтного растения (Markert, 1992), позволило выделить следующие биогеохимические ряды накопления химических элементов: Мало-Тарынское рудное поле (Cr<sub>13,9</sub> - Ni<sub>6,5</sub> - Au<sub>3,8</sub> - Co<sub>1,7</sub> - Sb<sub>1,5</sub> - Be<sub>1,2</sub> - Fe<sub>1,2</sub>), Вьюнское рудное поле в целом (Be<sub>6,5</sub> - Au<sub>3,1</sub> - As<sub>2,6</sub> - Cr<sub>1,5</sub>) и рудопоявление Андрей (Be<sub>34,0</sub> - Au<sub>3,7</sub> - Cr<sub>1,7</sub> - Cd<sub>1,3</sub>).

По результатам расчета коэффициента биологического поглощения  $A_i$  установлено, что концентрации абсолютного большинства изученных химических элементов в почвах на всех рассмотренных объектах в  $n \cdot 10$  -  $n \cdot 100$  раз выше, чем в сухом веществе ягеля. Но есть ряд элементов, отличающихся сильной абсорбцией ( $A_i > 0,1$ ). Коэффициент биологического поглощения  $A_i$  рассчитывался как отношение содержание химического элемента в ягеле к его содержанию в почве.

Химические элементы с высоким значением коэффициента биологического поглощения  $A_i$  в системе «почва-ягель» в порядке убывания: для Мало-Тарынского рудного поля (P, Ni, Cr, Mn, Au, Sn, Zn, Cd), Вьюнского рудного поля (P, Hg, Au, Mn, Cd, Zn), рудопоявления Андрей (Au, Cd, P, Zn, Mn, Sn).

Выделенная группа химических элементов объединяет биофильные элементы (например, P) и элементы-индикаторы золоторудной минерализации (например, Au, Hg, Mn, Cd, Zn), характерные для месторождений золота на территории Якутии [3, 4].

Расчет коэффициентов парной корреляции между содержаниями химических элементов в сухом веществе ягеля и в почве Вьюнского рудного поля показал, что значимые положительные зависимости характерны для Cu ( $r = 0,52$ ), Co ( $r = 0,47$ ), As ( $r = 0,44$ ) Ni ( $r = 0,43$ ), W ( $r = 0,43$ ), Ba ( $r = 0,42$ ), Mg ( $r = 0,40$ ) и P ( $r = 0,34$ ) ( $p = 0,05$  при  $N = 34$ ).



**Средние содержания химических элементов в ягеле (*Cladonia rangiferina*), произрастающем на территории Выюнского, Мало-Тарынского рудных полей и рудопоявления Андрей**

Аналогичные расчеты для Мало-Тарынского рудного поля выявили следующие значимые корреляции: Al ( $r = 0,68$ ), Ba ( $r = 0,62$ ), V ( $r = 0,62$ ), Ga ( $r = 0,58$ ), ( $p = 0,05$  при  $N = 14$ ).

На рудопоявлении Андрей значимых корреляционных зависимостей выявлено не было.

Линейная зависимость между содержаниями перечисленных химических элементов в почве и сухом веществе ягеля свидетельствует о безбарьерном пути накопления этих элементов. Следовательно, биогеохимические ореолы указанных элементов могут быть использованы для картирования геохимических аномалий, генерируемых золоторудными телами.

В приведенных экогеохимических критериях фигурирует близкий спектр химических элементов - золото и его элементы-спутники такие как Co, Cd, As, Mn, Ga, Zn. Это доказывает тот факт, что геохимическая специализация ягеля, произрастающего на территориях золоторудных полей, формируется под влиянием вторичной миграции элементов из рудных объектов, и что ягель является подходящим видом для поиска золотых оруденений.

Таким образом, в результате проведенных биогеохимических исследований были получены оригинальные данные по среднему элементному составу почвы и ягеля рудных полей Адыча-Тарынской зоны, а также проанализированы особенности распределения химических элементов в системе «почва-ягель». Полученные данные представляют научный интерес для изучения биогеохимических процессов на территории месторождений твердых полезных ископаемых, расположенных в зоне субарктики.

*Работа выполнена в рамках Договора между ТПУ и ООО «Дальзолото» №13.13-108/2017 от 27.04.2017 г.*

#### Литература

1. Аньшакова В.В., Степанова А.В. Биотехнологическая переработка возобновляемого сырья Якутии // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. С. 409.
2. Биогеохимия урановых месторождений и методические основы их поисков: [монография] / А. Л. Ковалевский, О. М. Ковалевская; науч. ред. А. М. Плюснин; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Геолог. ин-т. - Новосибирск: Гео, 2010. С. 356
3. Макаров В.Н. Геохимические ореолы золоторудных месторождений Якутии // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России, 2016. С. 110-113.
4. Макаров В.Н. Геохимия окружающей среды Верхнеиндигирского золотоносного района // Наука и образование. 2008. № 4. С. 45-48.
5. Почвы Якутии / Atlas-Yakutia. [Сайт]. - URL: <https://www.atlas-yakutia.ru/soilmap.html> - (дата обращения: 25.12.2018).

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В БОЛОТНЫХ ВОДАХ И ТОРФЕ А.В. Переседова

Научные руководители доцент А.И. Левашова<sup>1</sup>, старший научный сотрудник И.В. Русских<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия  
<sup>2</sup>Институт химии нефти СО РАН, г. Томск, Россия

Техногенное загрязнение природной среды - важнейшая экологическая проблема в современных процессах добычи и переработки нефти. Почти на всех стадиях процесса нефтедобычи происходит химическое загрязнение почвенного покрова, в результате чего изменяется его состав. Степень и последствия загрязнения природной среды нефтепродуктами определяют по нескольким факторам: химический состав и количество загрязняющих компонентов, степень механического воздействия. Общее воздействие данных факторов определяет дальнейшее состояние системы: возможность приспособления к изменениям состава или трансформация из нестабильного состояния к полному разложению.

При загрязнении почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами почвенный профиль полностью меняется, происходят глубокие изменения химических, микробиологических, физико-химических, морфологических и физических свойств почвы. Это приводит к невозможности использования загрязненных площадей в хозяйственных целях и потере плодородия.

Изменения в химическом составе, структуре и свойствах почв, вследствие загрязнения нефтью, оказывают влияние на гумусовый горизонт: битуминозные вещества снижают содержание питательных веществ в почве, резко увеличивается содержание углерода. Происходят физиологические изменения корней растений из-за сокращения