

**НАПРАВЛЕНИЕ  
«БИОГЕОХИМИЯ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ  
И ЗОНЫ ГЕОТЕХНОГЕНЕЗА»**

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ У ПРОРОСТКОВ ТРЕХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА FABACEAE ИЗ ЗОНЫ КЫШТЫМСКОЙ АВАРИИ

Антонова Е.В., Позолотина В.Н.

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия  
e-mail: selen@ipae.uran.ru

**Абстракт:** Изучены особенности антиоксидантного статуса у трех представителей семейства бобовые (*Melilotus officinalis* (L.) Pall., *M. albus* Medikus и *Trifolium medium* L.), длительное время произрастающих в условиях хронического облучения зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа). В градиенте загрязнения ВУРСа показано возрастание содержания НМАО в проростках донника желтого и снижение у донника белого и клевера среднего. Для донников были характерны отрицательные зависимости между содержанием НМАО и качеством семенного потомства, а у клевера среднего – положительные. Чаще всего высокое содержание НМАО в проростках положительно коррелировало с частотой встречаемости аномалий в развитии. Эти данные хорошо согласуются с предыдущими исследованиями на костреце безостом, дреме белой и звездчатке злаковой.

**Ключевые слова:** Кыштымская авария, Fabaceae, донник желтый, донник белый, клевер средний, жизнеспособность семенного потомства, радиочувствительность, мутабельность, низкомолекулярные антиоксиданты.

Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС) сформировался в 1957 г. в результате аварии на ПО «Маяк», которая получила название Кыштымская [13]. Вторичное загрязнение данной территории произошло спустя 10 лет в результате Карачаевского инцидента [16]. В настоящее время обширная территория Уральского региона остается загрязненной долгоживущими ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239,240}\text{Pu}$ ) радионуклидами [13].

Виды семейства бобовые (Fabaceae) считаются радиочувствительными растениями [6], тем не менее, они широко представлены в фитоценозах наиболее загрязненной части ВУРСа. Радиочувствительные виды быстрее приспосабливаются к действию радиации [7; 15]. Поэтому представляло интерес изучить представителей данного семейства. Ранее нами были проанализированы показатели жизнеспособности (всхожесть семян, выживаемость проростков, число настоящих листьев, длина корней) семенного потомства донника желтого (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), донника белого (*M. albus* Medikus), горошка мышиного (*Vicia cracca* L.) и клевера среднего (*Trifolium medium* L.) [11]. В градиенте загрязнения не было установлено линейной зависимости показателей жизнеспособности семенного потомства от дозы облучения материнских растений. Цель настоящего исследования – изучение биохимического статуса у потомков растений, длительное время произрастающих в зоне ВУРСа, и оценка связи между биохимическими и физиологическими параметрами.

Подробная характеристика участков исследования и оценка дозовых нагрузок для растений семейства Fabaceae была изложена ранее [12; 15]. Отметим лишь, что плотность загрязнения по  $^{90}\text{Sr}$  варьирует от 400 до 70000 кБк/м<sup>2</sup>, по  $^{137}\text{Cs}$  – от 20 до 1500 кБк/м<sup>2</sup>, а по  $^{239,240}\text{Pu}$  – от 0.7 до 200 кБк/м<sup>2</sup> [4]. Мощность поглощенной дозы для представителей семейства бобовых в зоне ВУРСа составляет 0.15-55 мкГр/ч и превышает фоновый уровень в 1.5-500 раз [12].

Семена донника желтого, донника белого и клевера среднего собирали с двух фоновых участков, расположенных за пределами химического и радиационного загрязнения: окрестности н.п. Рассоха (фон-1) и Шеелитской горки (фон-2) и с 8 площадок, расположенных на центральной оси и периферии следа на разном удалении от эпицентра аварии: берег р. Караболки (буф-1), берег оз. Большое Травяное (буф-2), берег оз. Кожакуль (буф-3), западный (буф-4), северный (имп-1) и юго-западный берег оз. Урускуль (имп-2), берег оз. Бердениш (имп-3), район лежневой дороги (имп-4). В лабораторном эксперименте семена из разных выборок проращивали методом рулонной культуры [15]. Оценивали показатели жизнеспособности, мутабельности и радиочувствительности семенного потомства растений. Все эксперименты проведены в 3-4 повторностях. Общее число посеянных семян – 11600 экз. После окончания эксперимента проростки высушивали и использовали для определения суммарного содержания низкомолекулярных антиоксидантов (НМАО), основанного на окислении этой группы

соединений  $\text{FeCl}_3$  [3]. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре DU-650 (Beckman Coulter, USA) при  $\lambda=510$  нм. Для проверки статистических гипотез использовали критерий Краскелла-Уоллеса (H), корреляционный анализ (R) в программе STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

Показано, что в проростках донника желтого отмечено возрастание содержания НМАО в градиенте загрязнения ВУРСа (рис. 1 А). Так, в фоновой выборке значения варьировали от 2.16 до 2.97 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы. Антиоксидантный статус проростков донника желтого из буферных популяций был схож с фоновыми растениями (2.5-3.2 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы). В импактных выборках показатель варьировал от 4.2 до 5.8 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы. Противоположная зависимость была получена для донника белого (рис. 1 Б): с увеличением дозовой нагрузки на материнские растения содержание НМАО снижалось. В целом в проростках донника белого содержание НМАО было ниже (2.11-3.49 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы), чем у донника желтого (2.16-5.17 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы). Значимое снижение содержания антиоксидантов было также обнаружено у клевера среднего, произрастающего в градиенте дозовых нагрузок ( $H_{3;15}=11.36$ ,  $p=0.0099$ ): суммарное содержание НМАО в фоновых выборках варьировало от 2.38 до 5.45 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы, а в зоне ВУРСа – от 0.1 до 1.25 мкг×экв<sub>кверц</sub>/г сухой массы.

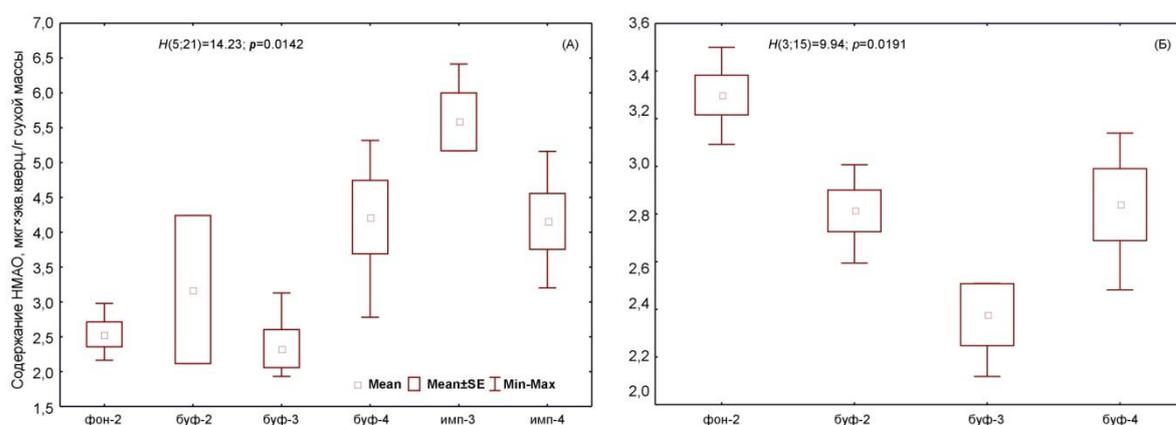


Рис. 1. Изменчивость антиоксидантного статуса у семенного потомства растений из зоны ВУРСа: А – донник желтый, Б – донник белый.

В работе Абрамов В.И. с соавт. [8] на трех видах растений – прозаннике пятнистом (*Achyrophorus maculatus* L.), подорожнике ланцетолистном (*Plantago lanceolata* L.) и подорожнике среднем (*P. media* L.), произрастающих в зоне ВУРСа, была обнаружена повышенная эффективность работы антиоксидантных систем. В работе Е.П. Храмовой с соавт. [17] было показано, что у курильского чая (*Pentaphylloides fruticosa* L.), высаженного в зоне радиоактивного загрязнения, синтезировалось повышенное содержание флавонолов. Проростки костреца безостого (*Bromus inermis* Leyss.) и дремы белой (*Silene latifolia* (Mill.) Garcke) из хронически облучаемых популяций также обладали высоким суммарным содержанием НМАО по сравнению с фоновыми выборками [10]. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о разнонаправленных изменениях антиоксидантного статуса семенного потомства растений внутри одного семейства.

В результате анализа зависимостей антиоксидантного статуса проростков и качеством семенного потомства было выявлено следующее (таблица). Для донника желтого характерны отрицательные зависимости между содержанием в проростках НМАО и показателями жизнеспособности и радиочувствительности его семенного потомства. В то же время, число аномалий в развитии проростков коррелировало позитивно (изменение формы семядолей; некроз семядолей; мутация типа *alboviridostriata*, характеризующаяся чередованием продольных полос желтого и зеленого цвета на листьях; скрученность гипокотилия и всего проростка) и негативно (мутация типа *monopteros*, когда у проростка отсутствует гипокотиль и корень; некроз всех органов; изменение цвета настоящего листа, изменение формы настоящего листа) с антиоксидантным статусом проростков. У двух других видов выявлено значительно меньшее число значимых зависимостей. Так, у донника белого содержание НМАО положительно коррелировало с частотой встречаемости проростков с нарушенным

гелиотропизмом и изменением цвета настоящего листа. Отрицательная зависимость, также как и у донника желтого, была получена по длине корней у проростков. У клевера среднего были получены только позитивные зависимости между антиоксидантным статусом и качеством семенного потомства. Показано, что длина корней была выше в выборках с высоким содержанием НМАО. Скрученность всего проростка клевера среднего имела аналогичную доннику белому зависимость, а по частоте встречаемости проростков с измененной формой настоящего листа – противоположную.

Таблица

Зависимость качества семенного потомства от содержания НМАО в проростках трех представителей семейства Fabaceae из зоны ВУРСа и за его пределами

Показатели	Виды		
	Донник желтый	Донник белый	Клевер средний
Без провокационного облучения (контроль)			
Всхожесть семян	–	0	0
Выживаемость проростков	–	0	0
Число проростков с листьями	–	0	0
Длина корней	–	0	0
Наличие боковых корней	–	0	0
Мутация <i>monopteros</i>	–	0	0
Форма семядолей	+	0	0
Некроз семядолей	+	0	0
Нарушен гелиотропизм	0	+	0
После провокационного облучения (100-400 Гр)			
Всхожесть семян	–	0	0
Выживаемость проростков	–	0	0
Число проростков с листьями	–	0	0
Два листа и более	–	0	0
Длина корней	–	–	+
Наличие боковых корней	–	0	0
Все скручено	+	0	+
Гипокотиль скручен	+	0	0
Некроз семядолей	+	0	0
Некроз всего	–	0	0
Мутация <i>alboviridostriata</i>	+	0	0
Цвет настоящего листа	–	+	0
Форма настоящего листа	–	0	+

Примечание: значимая (+) положительная ( $R=0.453-0.794$ ) и (–) отрицательная ( $-0.743...-0.435$ ) зависимость ( $p=0.00003-0.0488$ ), 0 – зависимость отсутствует.

Ранее на примере костреца безостого, дремы белой и звездчатки злаковой (*Stellaria graminea* L.) была показана отрицательная корреляция между показателями жизнеспособности и содержанием в проростках низкомолекулярных антиоксидантов [1; 10; 14]. Эти данные хорошо согласуются с представленными в настоящей работе результатами. Возможно, напряженная работа систем антиоксидантной защиты свидетельствует о процессах внутриклеточного восстановления, требующих дополнительных энергетических затрат. Это приводит к снижению качества семенного потомства. В то же время при изучении внутригодовой изменчивости физиологических и биохимических показателей у семенного потомства костреца безостого из зоны ВУРСа [2] нами была выявлена положительная взаимосвязь между содержанием НМАО и показателями, характеризующими скорость роста и развития проростков: длина корней и листьев, наличие боковых и придаточных корешков. Для показателей мутабельности (некрозы разных органов, изменение их формы или окраски), в основном, была характерна отрицательная зависимость от содержания НМАО. Аналогичные зависимости были получены при изучении внутригодовой изменчивости показателей у семенного потомства дремы белой [9]. Можно предположить, что различия зависимостей при изучении разных типов

изменчивости (меж- и внутригодовой) связано с периодическими колебаниями содержания НМАО у растений после облучения, как было показано в работе [5].

Авторы выражают благодарность к.б.н. Э.М. Каримуллиной и к.б.н. В.П. Гусевой (ИЭРиЖ УрО РАН) за помощь в проведении биохимического анализа. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект №15-04-09295) и Программы фундаментальных научных исследований УрО РАН (проект №15-2-4-21).

#### Список литературы

1. Antonova E.V., Pozolotina V.N., Karimullina E.M. Natural coenopopulations of *Stellaria graminea* from East-Ural Radioactive Trace: effects of radiation and weather conductions // Crimean Meeting: Third International conference, dedicated to N.W.Timofeeff-Ressovsky «Modern problems of genetics, radiobiology, radioecology, and evolution»; Third Readings after V.I. Korogodin and V.A. Shevchenko; NATO Advanced Research Workshop «Radioecological issues pertaining to environmental security and ecoterrorism». Alushta: JINR, 2010. P. 120.
2. Antonova E.V., Pozolotina V.N., Karimullina E.M. Time-dependent changes of the physiological status of *Bromus inermis* Leyss. seeds from chronic low level radiation exposure areas // Biol. Rhythm Res. 2015. V. 46. № 4. P. 587-600.
3. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 429 с.
4. Molchanova I., Mikhailovskaya L., Antonov K. et al. Current assessment of integrated content of long-lived radionuclides in soils of the head part of the East Ural Radioactive Trace // J. Environ. Radioact. 2014. V. 138. № 6. P. 238-248.
5. Nagata T., Todoriki S., Masumizu T. et al. Levels of active oxygen species are controlled by ascorbic acid and anthocyanin in *Arabidopsis* // J. Agricul. Food Chemistry. 2003. V. 51. № 10. P. 2992–2999.
6. Преображенская Е.И. Радиоустойчивость семян растений. М.: Атомиздат, 1971. 232 с.
7. Шевченко В.А., Померанцева М.Д. Генетические последствия действия ионизирующих излучений. М.: Наука, 1985. 279 с.
8. Абрамов В.И., Степанова А.А., Фамелис С.А. Радиобиологические эффекты у растений, обитающих на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология. 2010. Т. 50. № 3. С. 345-351.
9. Антонова Е.В., Каримуллина Э.М., Позолотина В.Н. Хроногенная изменчивость физиологического статуса семенного потомства дремы белой из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа // V Международная конференция «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека». Томск: ТПУ, 2016. (в печати).
10. Каримуллина Э.М. Эколого-генетическая характеристика звездчатки злаковой и дремы белой из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа. Автореф. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2012. 20 с.
11. Ключковская М.С., Антонова Е.В. Изучение качества семенного потомства у некоторых видов семейства Fabaceae из зоны ВУРСа // Всероссийская конференция молодых ученых "Экология: популяция, вид, среда". Екатеринбург: Гошицкий, 2014. С. 77-80.
12. Михайловская Л.Н., Антонова Е.В., Позолотина В.Н. Накопление радионуклидов и дозовые нагрузки у представителей семейства Fabaceae из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа // Междунар. науч. конф. «Радиобиология: «Маяк», Чернобыль, Фукусима». Гомель: Институт радиологии, 2015. С. 137-141.
13. Никипелов Б.В., Микерин Е.И., Романов Г.Н. и др. Радиационная авария на Южном Урале в 1957 г. и ликвидация ее последствий // Recovery Operation in the Event of a Nuclear Accident or Radiological Emergency. Vienna: IAEA, 1989. С. 373–403.
14. Позолотина В.Н., Антонова Е.В., Харитонов О.В. и др. Последствия хронического действия радиации для флоры Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. Т. 49. № 1. P. 97-106.
15. Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. и др. Современное состояние наземных экосистем зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа. Екатеринбург: Гошицкий, 2008. 204 с.
16. Оценка радиационной обстановки на территории, загрязненной в результате ветрового переноса радиоактивных аэрозолей в районе предприятия в 1967 г. // Вопросы радиационной безопасности. 1996. № 4. С. 50-59.
17. Храмова Е.П., Тарасов О.В., Крылова Е.И., Сыева С.Я. Особенности накопления флавоноидов у растений в условиях радиоактивного загрязнения // Вопросы радиационной безопасности. 2006. № 4. С. 13-21.

# VARIABILITY OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN SEEDLINGS OF THREE SPECIES (FABACEAE) FROM KYSHTYM ACCIDENT

Antonova E.V., Pozolotina V.N.

*Institute on Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia,  
e-mail: selen@ipae.uran.ru*

**Abstract:** We studied the antioxidant status (LMWA) of three species from Fabaceae family (*Melilotus officinalis* (L.) Pall., *M. albus* Medikus and *Trifolium medium* L.), long-term growing under chronic radiation exposure at the East-Ural Radioactive Trace area (EURT). It was shown the increase of LMWA content in yellow sweet clover seedlings and decrease in honey clover and zigzag clover under gradient of EURT. The negative correlations between LMWA content and seed progeny quality were observed in *M. officinalis* and *M. albus* populations; positive correlation was observed in *T. medium* samples. Mostly the high LMWA content in seedlings was positively correlated with the frequency of anomalies. These data are in good agreement with previous studies at *Bromus inermis*, *Silene latifolia* and *Stellaria graminea* populations.

**Keywords:** Kyshtym accident, Fabaceae, yellow sweet clover, honey clover, zigzag clover, seed progeny, viability, radiosensitivity, mutability, low molecular weight antioxidants (LMWA).

## ФУНКЦИИ ЕДИНСТВА КОСНОЙ И БИОКОСНОЙ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ МИРА МИНЕРАЛОВ И БИОТИЧЕСКИХ СООБЩЕСТВ

Барабашева Е.Е.

*Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия  
e-mail: barabasheva@mail.ru*

**Абстракт:** Минералы и горные породы напрямую связаны с биотической составляющей планеты. В статье дается сравнение функциональных отношений мира кристаллов и биотических сообществ, которые совместно выполняют роль информационных узлов или узлов сознания.

**Ключевые слова:** Информационные узлы, минеральный мир, биотическая составляющая.

Минералы и горные породы – это неотъемлемая часть окружающей среды, напрямую связанная с растениями и животными. Несмотря на отношение к косной материи, они обладают огромной энергией, находящейся в скрытом, латентном состоянии. Энергетическая активность минералов, помимо процессов, которые происходят в Космосе, зависит также от создаваемых на Земле условий их активизации (тепловые, световые, электрические, магнитные потоки, давление, удары).

Мир камня предположительно (в последнее время появились мнения об одновременном образовании планеты Земля и органической составляющей) несколько древнее живого мира, он оказывал и до сих пор оказывает глубокое влияние на биоту Земли. Связь минералов с живой природой может проследиваться как на протяжении жизни отдельных организмов, так и на протяжении геологической истории живой и неживой субстанции планеты.

Породы и минералы играют основную роль в жизнедеятельности биоты, как субстрат для обитания, минералогические добавки к пище, орудия действия, материал для строительства жилищ и прочее. В тоже время, отмирая, биота служит материалом для построения минералов, как в виде окаменевших остатков, так и непосредственно как строительный материал для роста новых минералов. Процесс превращения органических остатков в окаменелости (фоссилизация) протекает в весьма разнообразных формах. В некоторых случаях отмершие организмы захораниваются целиком и заполняются минеральным составом вмещающих отложений, но чаще происходит перекристаллизация. Еще один тип фоссилизации реализуется путем массообмена, т.е. обменных химических реакций. При этом организмы, заключенные в породе, сначала растворяются, а затем возникшие полости заполняются другими минеральными веществами.

Сила притяжения косной и биокосной систем передается через энергетические вибрации минералов. Одновременно, в большей степени бессознательно, организм передает свою информацию, касающуюся физического и духовного состояния, а минерал, резонируя, пытается уравновесить эти энергетические вибрации. Позитивная энергетика излучений (определенная частота колебаний, длина волны) гасит, аннигилирует или уменьшает активность негативных потоков живой материи за счет информационно-энергетической, волновой компоненты. В кристаллах очень высока колебательная частота элементарных частиц, что подтверждается научными измерениями. Колебания заставляют переходить на свой уровень «вибрации» все субстанции, как живые, так и неживые, даже находящиеся на определенном расстоянии от них.

Если рассматривать живую и неживую природу с точки зрения жизненных функций, возникает еще более тесные связи между ними.

Каждый кристалл может расти. При этом сначала на его поверхности осажается небольшая группа атомов, образуя «колонию» или «кристаллический зародыш». К его контуру присоединяются новые атомы, и зародыш начинает разрастаться. Дж. Франк (1948), объясняя рост кристаллов, предположил, что на поверхности быстро растущего кристалла остается неисчезающая ступенька за счет дефекта объема кристалла, названная винтовой дислокацией. Винтовая дислокация представляет собой результат сдвижения части одного участка в кристалле относительно другого. В кристалле может существовать множество винтовых дислокаций, которые обеспечивают ему рост по спирали, создают условия для увеличения массы и облегчают деформацию. Рост кристалла происходит в результате захвата новых примесей, состав и признаки которых передаются от «предковых» форм.

Регенерация (восстановлению утраченной конечности) широко распространена среди животных (в основном среди беспозвоночных). Только некоторые виды способны регенерировать целую особь из небольшого фрагмента. Подобно живым организмам среди кристаллов также возможна регенерация как отдельных фрагментов, так и большей части утраченного кристалла.

В настоящее время на основе выращивания синтетических агрегатов проводятся исследования генетической памяти кристаллов, которые «помнят» к какому разряду они относятся и строят себя и себе подобных по определенным кристалло-физическим законам. Им свойственен также эффект хранения информации или запоминания предшествующей формы, способность «разумно» приспосабливаться к внешним условиям.

Связанные энергией взаимодействия атомы колеблются в узлах кристаллической решетки. Даже при снижении температуры кристалла до абсолютного нуля колебания, называемые в физике нулевыми, не исчезают. Они являются важнейшим свидетельством «жизни» кристалла, необходимым условием его существования. Атомы кристаллов не только колеблются энергетически, но и подчиняются законам термодинамики. Откуда берется энергия для обеспечения жизни кристалла – до сих пор неясно. При контакте с минералами излучаемая ими энергия влияет на биологические клетки и ткани живых организмов, происходит взаимообмен энергетикой и информацией.

Что касается строения минералов, то можно сказать, что они имеют «скелет» в виде кристаллической решетки и даже своеобразную «кровеносную» систему – направленный поток электронов, поддерживаемый разностью потенциалов.

Непременным признаком жизни кристалла является самодиффузия, которая выражается в том, что составляющие кристалл атомы периодически меняют свои места, колеблются и меняют положения равновесия, «блуждая» по кристаллической решетке. При этом свойства и структура кристалла остаются неизменными, происходит только флуктуация энергии.

К совершенно неожиданным признакам «жизни» кристалла относится самопроизвольная миграция расположенных в нем микрокристаллических газовых пузырьков. Хаотическое тепловое движение атомов кристаллов пытаются определить, как вариант броуновского движения. Наличие такого движения было доказано экспериментально в опытах с блуждающими пузырьками гелия в минералах меди. Пузырьки в них образовывались при предварительном облучении потоком альфа частиц [3].

Среди минеральных агрегатов очень распространено явление дефектности - отклонения от идеальной правильности в строении кристалла. Одни дефекты предписаны законами физики (кристалл обязан их иметь в качестве непременных признаков «жизни»), другие возникают в силу различных случайностей при его росте или в процессе «службы» человеку. Именно в дефектах сосредоточены вся сила и слабость камней, транспортные магистрали, способность приспосабливаться к условиям окружающей среды и реагировать на внешние явления. Благодаря наличию дефектов кристалл удерживает память о событиях, невольным участником которых он был.

Еще в 20-х годах прошлого столетия академик А.Ф. Иоффе и физик Пауль Эренфест пришли к выводу, что при большой нагрузке на кристаллы происходит их деформация, сопровождаемая звуком [3]. Причина тому – появление в кристалле новых дефектов (полостей и трещин), вследствие которых спектр издаваемого им звука изменяется. В процессе внутреннего «прослушивания» кристаллов осуществляется ранняя диагностика их «заболеваний».

Строение минерала стабильно, пока он находится в «родной» среде (месте своего образования). При изменении условий существования (космических, геохимических, тектонических, физических (факторы температуры и давления), гипергенных, климатических, биотических и прочее) форма кристаллов начинает изменяться, и он постепенно стареет, разрушается и умирает.

Усталость минералов возникает в результате сложного взаимодействия электрических, механических и электрохимических процессов и выражается в микрорастрескивании. Статическая усталость приводит к постепенному старению и последующему умиранию кристаллов.

Минералы способны болеть в силу несоответствия условий среды для их существования, либо принимая отрицательную энергетику живых организмов. Для восстановления сил и отдыха минералов их необходимо поместить в среду, близкую к условиям места их образования.

Если проанализировать все вышеперечисленные функции кристаллов и сопоставить их с функциями живых организмов, то практически невозможно провести грань между живой и неживой природой (таблица).

Таблица

Минералы и горные породы	Живые организмы
1. Имеют кристаллический двумерный зародыш	1. Имеют зародыш в виде эмбриона (развития организма от стадии зиготы)
2. Способность роста путем присоединения новых атомов	2. Способность роста путем деления клеток
3. Усталость минералов возникает в результате сложного взаимодействия электрических, механических и электрохимических процессов	3. Усталость организма возникает при физических и умственных нагрузках
4. Способность отдыхать при снятии нагрузок, а также в условиях, приравненных к условиям их места образования	4. Способность отдыхать при снятии физических и умственных нагрузок в спокойной среде обитания
5. Способность болеть при помещении их в неблагоприятную среду или при получении отрицательной энергетики	5. Способность болеть при попадании в неблагоприятную или вирусную среду или при получении отрицательной энергетики
6. Присутствует процесс старения, выражаемый в микроастрескивании субстанций	6. Присутствует процесс старения в результате замедления жизненных функций
7. Смерть в результате статической усталости и полного разрушения кристаллов	7. Смерть в результате остановки жизненных функций
8. Способность издавать звуки, предупреждая о предельных нагрузках, опасных для «жизни» кристалла	8. Способность издавать звуки и предупреждать об опасности
9. Имеют генетическую память, память формы	9. Имеют мгновенную, кратковременную, оперативную, долговременную, генетическую, двигательную, зрительную, слуховую, осязательную, обонятельную, вкусовую, эмоциональную и др. виды памяти
10. Способность приспосабливаться к внешним условиям	10. Способность приспосабливаться к внешним условиям
11. Захват и передача по наследству основополагающих признаков	11. Генетическая наследственность от предковых форм (передача признаков)
12. Регенерация обломленных частей кристалла	12. Регенерация оторванных конечностей
13. Передача информации о своем строении на расстояние	13. Передача информации о своем строении на расстояние
14. Колебательная энергия взаимодействия, энергия в виде диффузии, энергетические излучения, вибрации в волновой форме	14. Энергия взаимодействия в виде общения и энергетических излучений
15. Наличие «скелета» в виде кристаллической решетки и «кровеносной системы» в виде потока электронов	15. Наличие скелета и кровеносной системы
16. Наличие дефектов строения кристаллов	16. Наличие дефектов строения живого тела
17. Проявление активности минералов по отношению к живым организмам (внутреннее и внешнее)	17. Проявление активности живых клеток по отношению к различным минералам (внутреннее и внешнее)

Таким образом, можно говорить о том, что для планеты Земля минералы и горные породы, так же как и биотические сообщества, выполняют роль информационных узлов или узлов сознания.

#### Список литературы

1. Вернадский В. И. Биосфера. Л.: Науч. хим.-тех. изд-во, 1926. 147 с.
2. Кораго А. А. Введение в биоминералогия. СПб.: Недра, 1992. 280 с.
3. Кривенко В.В., Хмелевская А.В., Потебня Г.П. Литотерапия. М.: «Педагогика-Пресс», 1994. 222 с.
4. Юшкин Н.П. Новые горизонты биоминералогии /Доклад 25.11.2003 РАН/ Webmaster@inform Nauka.ru
5. Юшкин Н.П. Перспективные направления генетической минералогии / Н.П. Юшкин, А.Г. Жабин / ЗВМО. 1978. В. 5. 122 с.

#### **FUNCTIONS UNITY OF TOUCH AND BIOKOSNYH SYSTEMS BY EXAMPLE OF PEACES OF MINERAL AND BIOTIC COMMUNITY**

**Barabasheva E.E.**

*Transbaikal State University, Chita, Russia*

*e-mail: barabasheva@mail.ru*

**Abstract:** Minerals and rocks are directly related to the biotic component of the planet. The article compares the functional relationships of the world of crystals and biotic communities, which together serve as information hubs or nodes of consciousness.

**Keywords:** Information nodes, the mineral world, the biotic component.

## КОЭФФИЦИЕНТЫ БИОГЕОХИМИЧЕСКОГО УЧАСТИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Барабашева Е.Е.

*Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия  
e-mail: barabasheva@mail.ru*

**Абстракт:** Органическое вещество есть совокупность живых организмов и отмершей биоты в системе, выраженной в единицах массы, энергии и информации. В статье предлагается рассмотреть различные геохимические процессы на различных этапах геологической истории с точки зрения коэффициента биогеохимического участия.

**Ключевые слова:** Органическое вещество, коэффициент биогеохимического участия, биогеохимический рециклинг, коэффициент катастрофичности.

Органическое вещество можно представить как совокупность живых организмов и отмершей биоты в системе, выраженное в единицах массы, энергии и информации.

Роль органического вещества в геохимических процессах на разных этапах геологической истории сводится к следующему: 1) образованию биогенно-хемогенных осадков; 2) образованию каустобиолитов, гумуса, почв; 3) влиянию на диагенез и катагенез; 4) выветриванию горных пород; 5) участию в процессах метаморфизма горных пород; 6) накоплению и миграции редких элементов в осадочных отложениях; 7) переносу органического вещества природными водами; 8) участию в гидротермальных процессах; 9) участию в процессах рудообразования [5].

Чтобы выявить ключевую роль органического вещества во всех вышеуказанных процессах предлагается рассмотреть их с точки зрения коэффициента биогеохимического участия.

Коэффициент биогеохимического участия для осадконакопления  $B_o$  (биогенное образование известняков, мела, диатомитов, радиоляритов, фосфоритов и др. осадочных образований) измеряется полученной биомассой в год, количество которой, в свою очередь, зависит от глубины моря, близости берега, гранулометрического состава осадков, окислительно-восстановительной обстановки (сероводородного заражения и наличия свободного кислорода), климатической зональности, и равна  $B_o = m_b * (T_0 - T_1) * K_{kat} * K_{kos}$ , где  $m_b$  - биомасса органического вещества в год (по средним данным В.Г. Богорова [3]: фитопланктон –  $0,165 * 10^9$  т; фитобентос –  $0,03 * 10^9$  т; зоопланктон –  $4,07 * 10^9$  т; зообентос –  $1,13 * 10^9$  т; нектон –  $0,24 * 10^9$  т;),  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время образования описываемой осадочной формации, определенное при помощи палеонтологических данных,  $K_{kat}$  – коэффициент катастрофичности, определяемый массовым вымиранием биоты в моменты планетарных кризисов [2],  $K_{kos}$  – коэффициент возможного привноса минерального вещества в моменты попадания на Землю космического материала в виде комет, астероидов и метеоритов [2]. Бедность осадков органическим веществом не свидетельствует о бедности жизнью той среды, в которой протекает седиментация. Причиной может быть повышенная интенсивность разрушения.

Коэффициент биогеохимического участия при образовании каустобиолитов, гумуса и почв  $B_k$  напрямую зависит от количества и видового состава растительной биомассы, косвенно от гранулометрического состава осадков, наличия свободного кислорода, климатической зональности и равна  $B_k = m_f * (T_0 - T_1) * V_o * V_d$ , где  $m_f$  – растительная биомасса в год,  $(T_0 - T_1)$  – длительность геологического образования толщи, определенная палеонтологическим методом,  $V_o$  и  $V_d$  – скорости окисления и диагенеза осадков. Покрываясь осадками и погружаясь, органическое вещество претерпевает в процессе диагенеза определенный цикл изменений. С уплотнением осадков в них постепенно прекращаются жизненные процессы, с погружением повышается температура – зона диагенеза переходит в зону катагенеза, где органическое вещество подвергается метаморфизации.

Коэффициент биогеохимического участия в процессах диагенеза и катагенеза зависит от окислительно-восстановительных условий, создаваемых бактериальной биотой аэробов и анаэробов, а также скорости прогибания и/или опускания дна водоема, и равна  $B_{d-k} = m_{bac} * V_p$ , где  $m_{bac}$  – масса работающих бактерий,  $V_p$  – скорость прогибания участка. В условиях опускания

участка земной коры нарастающая толща осадков образует зону диагенеза, книзу постепенно переходящую в зону катагенеза. Граница между этими зонами проводится по предельной глубине распространения жизни и связанных с ней специфических реакций.

Метаморфизм органического вещества состоит в обогащении его углеродом при одновременном убывании водорода и неуглеводородных элементов. Отщепление последних происходит в виде воды, углекислоты, метана и др. Выделяясь, эти подвижные продукты метаморфизации органического вещества мигрируют в поровые пространства и трещиноватые зоны, пока поровая проницаемость пород не исчезает. По каналам миграции они достигают поверхности, завершая тем самым метаморфический или катагенный цикл углерода. Коэффициент биогеохимического участия в процессах метаморфизма горных пород  $B_{met} = m_o \cdot t^{\circ}C \cdot h \cdot K_t$ , где  $m_o$  – масса органического вещества,  $t^{\circ}C$  – температурный режим,  $h$  – глубина зоны метаморфизации,  $K_t$  – коэффициент трещиноватости горных пород.

В условиях подъема земной коры зона катагенеза сменяется зоной гипергенеза. На коэффициент биогеохимического участия в процессах гипергенеза и гальмиролиза горных пород  $B_g$  непосредственно влияет количество живых организмов в составе бактерий, цианобактерий, аэрофильных водорослей, грибов, лишайников, высших растений и отмершей биомассы, а также время геологического разрушения. Количество биомассы непосредственно зависит от климатических условий суши и зон моря.  $B_g = m_b \cdot (T_0 - T_1)$ , где  $m_b$  – масса живой и отмершей биоты и продуктов метаболизма,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время разрушения изучаемого объекта. В зоне гипергенеза низкие температуры, смена вод, доступ с проникающими на глубину водами микроорганизмов нарушают целостность недр. На глубине начинается работа бактерий, использующих кислород растворенных в водах солей, главным образом сульфатов. В ходе дальнейшего подъема осадки вступают в зону проникновения свободного кислорода, где процессы гипергенного разрушения вещества становятся более активными.

Коэффициент биологического участия процессов переноса органического вещества природными водами представляется как  $B_v = m_o \cdot h \cdot V \cdot Q$ , где  $m_o$  – масса органического вещества,  $h$  – глубина распространения грунтовых вод,  $Q$  – мощность и  $V$  – скорость потока. По происхождению органическое вещество делят на аллохтонное – поступающее с водосбора и автохтонное – образующееся в самом водоеме. В составе органического вещества природных вод можно выделить твердые продукты распада растительных и животных остатков, сложные высокомолекулярные соединения типа белков, полисахаридов, гуминовых и фульвокислот и простейшие – метан, формальдегид, низшие жирные кислоты, амины и др. Органические вещества находятся в растворенном состоянии (0,001 мкм), коллоидном (0,001-0,1 мкм) и взвешенном состоянии (до 150-200 мкм) [4]. Концентрация органического углерода подвержена сезонным колебаниям, определяемым гидрологическим режимом водных объектов и связанными с ним сезонными вариациями химического состава, временными изменениями интенсивности биологических процессов.

Коэффициент биогеохимического участия при накоплении (биосорбции) и миграции в составе металлоорганических комплексов рудообразующих элементов в осадочных отложениях  $B_{b+mg} = m_b \cdot (T_0 - T_1) \cdot K_{kat} \cdot V_d$ , где  $m_b$  – биомасса органического вещества (включая живые организмы, продукты метаболизма и отмершей биомассы в виде твердых, жидких и газообразных составляющих) накапливаемого в год,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время образования осадочной формации, определенное при помощи палеонтологических данных,  $K_{kat}$  – коэффициент катастрофичности, определяемый массовым вымиранием биоты в моменты планетарных кризисов [2],  $V_d$  – скорость диагенеза осадков. Интенсивность биосорбции и миграции напрямую зависит от зоны моря, наличия береговых и придонных течений, берегового сноса, температурных и биотических факторов, окислительно-восстановительной обстановки в придонных условиях.

Коэффициент биогеохимического участия в гидротермальных процессах  $B_{gt} = m_{bac} \cdot t^{\circ}C \cdot h \cdot S \cdot K_t$ , где  $m_{bac}$  – масса работающих сульфат-редуцирующих бактерий,  $t^{\circ}C$  – температурный режим гидротерм,  $h$  – глубина зоны действия гидротерм,  $S$  – площадь развития гидротермальных источников,  $K_t$  – коэффициент трещиноватости горных пород в зоне развития гидротерм. Основу океанических гидротермальных сообществ составляют хемосинтезирующие серные бактерии, которые при отсутствии света используют химическую энергию за счёт

окислении соединений серы. Более крупные животные зоны гидротермальных источников (вестиментиферы, кольчатые черви, двустворки и пр.) существуют за счет этой энергии. Их роль сводится в основном к накапливанию биомассы. Всего ныне насчитывается более 500 видов гидротермальных животных.

Простейшими микробными сообществами, развитыми в земной коре можно считать гидрогенотрофных микроорганизмов. В качестве восстановителя они используют водород, образующийся при реакции воды с перегретыми горными породами в условиях высоких температур. Такие организмы сейчас встречаются среди представителей глубинной микрофлоры, населяющей поры горных пород примерно до глубины 3 км.

Коэффициент биогеохимического участия в процессах рудообразования  $V_r = m_b * (T_0 - T_1) * K_{tma} * K_{kat} * K_{kos} * K_r$ , где  $m_b$  – биомасса органического вещества (включая живые организмы, продукты метаболизма и отмершей биомассы в виде твердых, жидких и газообразных составляющих) накапливаемого в год,  $(T_0 - T_1)$  – геологическое время с начала заложения архейско-протерозойского фундамента до времени образования месторождения,  $K_{tma}$  – коэффициент тектоно-магматической активности региона, связанный с внутренними и внешними (космическими) факторами,  $K_{kat}$  – коэффициент катастрофичности, определяемый массовым вымиранием биоты в моменты планетарных кризисов, связанных с космическими и тектоно-магматическими причинами [2],  $K_{kos}$  – коэффициент возможного привноса минерального вещества в моменты попадания на Землю космического материала в виде комет, астероидов и метеоритов [2],  $K_r$  – коэффициент биогеохимического рециклинга (количество циклов участия биоты в процессах накопления, преобразования и трансформации рудного вещества) [1].

Таким образом, практически для всех вышеперечисленных процессов основным компонентом влияния является количество органического вещества, которое, в свою очередь, тесно связано с палеогеографическими, климатическими, тектоно-магматическими, космическими и прочими косными факторами.

#### Список литературы

1. Барабашева Е.Е. О роли биогеохимического рециклинга в образовании рудных месторождений // Вестник ЗабГК. 2011. №4
2. Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция. М.: ГЕОС, 2002. 393 с.
3. Богоров В.Г. О количестве вещества в живых организмах Мирового океана// «Органическое вещество современных и ископаемых осадков». М.: Наука, 1971.
4. Быкова Е.Л. К вопросу изучения органических веществ в подземных водах // «Проблемы гидрогеологии». М.: Госгеолтехиздат, 1970.
5. Дроздова Т.В. Геохимия аминокислот. М.: Наука, 1977.

## COEFFICIENTS BIOGEOCHEMICAL PARTIN IN VARIOUS GEOLOGICAL PROCESSES

**Barabasheva E.E.**

*Transbaikal State University, Chita, Russia*

*e-mail: barabasheva@mail.ru*

**Abstract:** Organic matter is the totality of living organisms and dead biota in the system, expressed in units of mass, energy and information. The article proposes to consider the various geochemical processes at different stages of geological history in terms of coefficient of biogeochemical participation.

**Keywords:** organic matter , biogeochemical participation rate , biogeochemical recycling coefficient catastrophic .

## МАКРОВОДОРОСЛИ В МОНИТОРИНГЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОТОКОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Куклин А.П.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия  
e-mail:kap0@mail.ru*

**Абстракт:** В исследовании установлены содержания Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg в наиболее распространенных на территории Забайкальского края макрофитных водорослях, собранных из загрязненных и условно «чистых» водотоков. Обсуждаются особенности строения макроводорослей и водорослевых матов, оказывающие влияние на результаты мониторинга.

**Ключевые слова:** Макроводоросли, тяжелые металлы, мониторинг загрязнения, ключевые виды

В работах отечественных и зарубежных авторов указывается, что водоросли способны накапливать значительные количества тяжелых металлов (ТМ) [10; 14 и др.], что используется на практике в мониторинге загрязнения [4]. Основу систем мониторинга составляют виды, широко распространенные в водоемах и водотоках территории, в которых образуют одновидовые агрегации, достаточные для адекватной оценки величины загрязнения. Однако для водоемов и водотоков горных территорий, где высока ландшафтно-климатическая неоднородность, состав макрофитобентоса по длине реки различается, что не позволяет выделять в одной реке «сквозные» виды макроводорослей.

Для оценки загрязнения водотоков ТМ с использованием макрофитных водорослей взята территория Забайкальского края – одного из старейших горнорудных регионов России. Она характеризуется широким диапазоном высотных, климатических и, как следствие, гидрологических параметров [1]. Прохождение по территории Монголо-Охотского разлома, Байкальского рифта определяет геохимическую (полиметаллическую) специализацию территории. В осевых частях хребтов или на их склонах нередки рудопроявления или месторождения (Cu, Au, Sn, Zn, Pb, W, Mo и др.), в долинах рек россыпные месторождения Au, Sn и других металлов. Месторождения в совокупности с результатами по их отработке (отвалы, карьеры, хвостохранилища) не только формируют аномально высокие концентрации тяжелых металлов в окружающей среде, но и создают условия для их усиленной миграции. Водотоки, дренируя эти территории, обогащаются элементами [11]. Целью нашей работы было обоснование выбора из наиболее распространенных и массовых в Забайкальском крае макроводорослей ключевых видов, которых можно использовать для индикации загрязнения водотоков территории тяжелыми металлами с учетом природно-климатических различий.

Сбор видов макроводорослей проведен на Удоканском, Ингодинском и Кыринском участках (рисунок), характеризующихся различными условиями ландшафтно-климатической обстановки [1] и уровнем антропогенной трансформации территории. Определение видов макроводорослей проводилось с использованием определителей отечественных и зарубежных авторов. Для определения содержания тяжелых металлов макроводоросли тщательно отмывались от посторонних примесей профильтрованной водой из водотока. Нами при промывке образцов водорослей не использовалась дистиллированная вода, т.к. по своим характеристикам она значительно отличается от природной воды и может оказать негативное физико-химическое воздействие на водоросли, что приведёт к искажению результатов. Не фиксированные водоросли сушили до достижения постоянного воздушно-сухого веса и стирали в агатовой ступке. Анализ на содержание Cu, Zn, As, Cd, Hg и Pb проведен в Хабаровском инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Для проверки надежности использовали внутренние стандарты и стандартные растворы PerkinElmer, а также стандартный образец элодеи канадской ЭК-1 (ГСО 8921-2007; СО КООМЕТ 0065-2008-RU).

Распространенность макроводорослей в водоемах и водотоках Забайкальского края подчиняется определенной закономерности [5]. Для первого и третьего участка (рисунок)

общими были виды, развивающиеся в водотоках гольцов, для второго и третьего участка – виды, предпочитающие степные и таежные реки. Часто встречающиеся (>30%) в реках Забайкалья представлены в таблице 1.

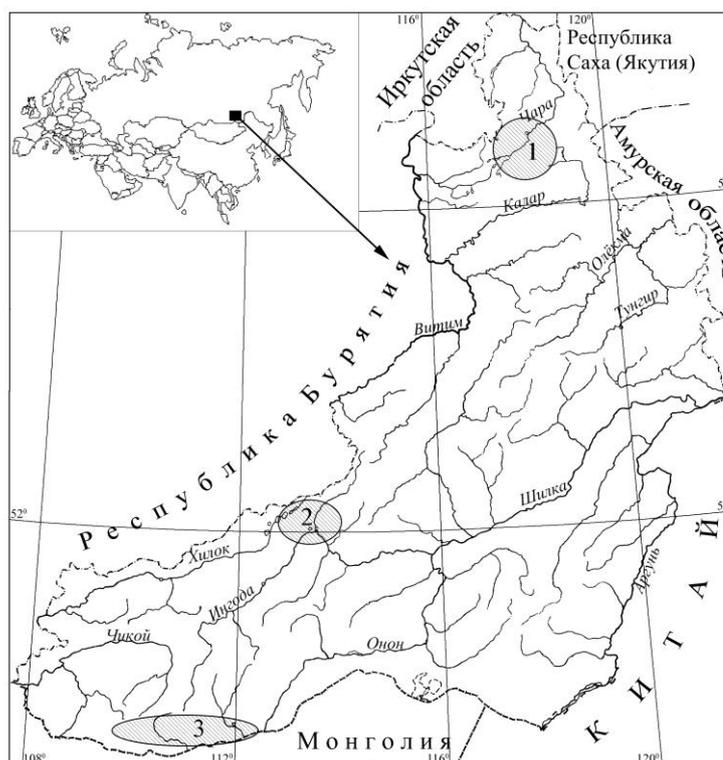


Рисунок. Карта-схема участков исследования. Цифрами обозначены участки: 1 – Удоканский; 2 – Ингодинский; 3 – Кыринский.

Переходные ландшафты (лесостепные, подгольцовые) в данной работе не рассматриваются из-за их малой площади. Состав видов определяется величиной преобладающих в стоке биогенных веществ (азота и фосфора). При содержании в воде фосфора в концентрациях 0,6-1,5 мг/л в водотоках преобладают гетероцистосодержащие синезеленые, при меньших концентрациях – зеленые нитчатые водоросли. Отмечено, что не имеет значения источники происхождения биогенных веществ. Например, *Cladophora fracta* (Müll. ex Vahl) Kütz. одинаково хорошо развивается как в степных не испытывающих антропогенного влияния реках, так и таежных водотоках на участках ниже сброса сточных вод поселений.

Нами в макроводорослях были определены содержания Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg, которые представлены в таблицах 2-3. Под условно «чистым» водотоком понимается водный объект не испытывающий в настоящее время воздействия горнорудной промышленности (разрабатываемых месторождений, стоков с хвосто-, шлако-, шламохранилищ). Превышения содержания ТМ между загрязненными и условно «чистыми» водотоками в целом для рассмотренных видов значительны и составляют (в разы): по Cu в 11-14, по Zn в 15-46, по As 22-27, по Cd 22-27, по Pb 125-128, по Hg 3-4. Наибольшая разница в содержании металлов в загрязненных и условно «чистых» водотоках выявлена для таких видов как *Tribonema* sp., *Cladophora fracta*, *Chaetophora lobata*.

Данные о пресноводных видах макроводорослей, для которых имеется информация о содержании ТМ, весьма ограничены. Наибольшее количество работ посвящено представителям рода *Cladophora* – как наиболее часто встречающимся в водотоках селитебных территорий [2; 10]. В то же время число видов макроводорослей, произрастающих в различных ландшафтно-климатических условиях, велико и может широко использоваться в мониторинге загрязнения водоемов ТМ.

Так, представители родов *Vaucheria* и *Tribonema* встречаются в местах разгрузки подземных вод, которыми могут быть и стенки дамб хвостохранилищ горно-обогатительных фабрик. Как указывают F. Novis и J.S. Harding [13] виды рода *Klebsormidium* часто обнаруживаются в местах выхода кислых шахтных вод. Нами установлено, что содержание ТМ

максимально в водорослях ниже мест дренажа вод через стенки дамб хвостохранилищ, золошлакоотвалов, карьеров. Повышенные содержания ТМ отмечаются в водорослях, собранных на участках дренажа вод через аллювиальные отложения на реках, дренирующих территории, имеющие месторождения полезных ископаемых. В талломах водорослей, обитающих в медиали водотоков ниже мест поступления загрязняющих веществ, содержание элементов высокое, но все же ниже, т.к. вследствие самоочищения водотоков (разбавление, сорбция, осаждение, биоаккумуляция) концентрация ТМ в воде уменьшается по мере удаления от источника загрязнения.

Таблица 1

Часто встречающиеся виды водорослей и их экологическая характеристика

Биом	Вид	Тип водотока	Тип сообщества
Горная тундра	<i>Hydrurus foetidus</i> (Vill.)	2,3	Пл
	<i>Prasiola fluviatilis</i> (Sommerf.) Aresch	2	Пл
	<i>Stigonema mamillosum</i> Ag. ex Born & Flah.	3,6	Пл Б
	<i>Lemanea fluviatilis</i> Ag.,	2-4	Пл
Тайга	<i>Hydrurus foetidus</i> (Vill.)	2,3	Пл
	<i>Nostoc verrucosum</i> (Vauch. ex Born.) Flah.	3-4	Пл Пэ
	<i>Phormidium</i> sp.	3,4	Пл Б
	<i>Vaucheria</i> sp.	1-3	Б М
	<i>Tribonema</i> sp.	1-3	Б М
	<i>Batrachospermum gelatinosum</i> (L.) Candolle	3,6	Б Пл
	<i>Tetraspora lubrica</i> (Roth) Ag.	2	Б Пл
	<i>Ulothrix zonata</i> (Web. & Mohr) Kütz.	3-5	Пл М
	<i>Draparnaldia glomerata</i> (Vauch.) Ag.	2-4	Пл
	<i>Chaetophora lobata</i> Schrank	2-4	Пл Пэ
	<i>Chaetophora elegans</i> (Roth) Ag.	2-4	Пл
	<i>Zygnema</i> sp. ster.	3-4,6	Б Пэ М
	<i>Mougeotia</i> sp. ster.	3-4,6	Б Пл Пэ М
	<i>Spirogyra</i> sp. ster.	3-4,6	Б Пл Пэ М
Степь	<i>Cladophora fracta</i> (Müll. ex Vahl) Kütz.	2-6	Б Пл Пэ М
	<i>Stigeoclonium tenue</i> (Ag.) Kütz.	3-4,6	Пл Пэ
	<i>Enteromorpha intestinalis</i> (L.) Link.	3,6	Б Пэ М
	<i>Chara</i> sp.	3,6	Б

Примечание: 1 – родник; 2 ручей; 3 – малая река; 4 – средняя река, 5 – крупная река, 6 – старицы, карьеры, Б – бентос, Пл – эпилитон, Пэ – эпифитон, М – метафитон.

Таблица 2

Концентрация Cu, Zn, As, Cd (мкг/г, сухой вес) в макроводорослях (n определений)

Вид	Диапазон конц.		Условно «чистые»		Диапазон конц.		Условно «чистые»	
	Cu	Zn	Cu	Zn	As	Cd	As	Cd
<i>Nostoc verrucosum</i> (1)	5	7	-	-	6,2	0,06	-	-
<i>Vaucheria</i> sp. (3)	9-15	50-95	-	-	50-95	0,3-0,6	-	-
<i>Tribonema</i> sp. (5)	9-99	53-2458	9	53	13-290	0,4-14	13	0,7
<i>Prasiola fluviatilis</i> (2)	9-129	41-98	9	41	13-18	0,6-1,7	13	0,6
<i>Hydrurus foetidus</i> (3)	13-142	58-141	13	74	3-39	0,3-2,0	6	0,3
<i>Ulothrix zonata</i> (4)	1-9	14-41	6	27	5-11	0,3-0,6	7	0,4
<i>Cladophora fracta</i> (17)	4-114	7-938	10	40	2-273	0,08-9,5	10	0,4
<i>Chara</i> sp. (2)	4-12	15-16	8	15	4-9	0,2-2,0	7	1
<i>Chaetophora lobata</i> (3)	4-15	19-404	6	26	22-161	0,2-5,5	27	0,2
Zygnemataceae (14)	3-30	37-168	7	-	5-37	0,3-3,9	10	0,8

При оценке загрязнения водной среды при мониторинге загрязнения вод ТМ с использованием макроскопических водорослей следует учитывать их некоторые особенности,

прежде всего, строение водорослевого скопления. Б.Л. Исаченко [1927, цит. по 3]) четко различал два типа строения бентосных фотосинтезирующих сообществ: «кожи» в виде плотной эластичной массы и «войлока» для переплетенной массы нитчатых зеленых водорослей. «Кожа» представляет плотный гель, а в «войлоке» остается свободное пространство с водой, доступное даже для беспозвоночных. Эти типы строения бентосных сообществ характерны, прежде всего, для организмов образующих заметные скопления и агрегации.

Таблица 3

Концентрация Pb и Hg (мкг/г, сухой вес) в макроводорослях (n определений)

Вид	Диапазон конц.		Условно «чистые»	
	Pb	Hg	Pb	Hg
<i>Nostoc verrucosum</i> (1)	0,7	<0,001	-	-
<i>Vaucheria</i> sp. (3)	5,6-10,4	<0,001-0,5	-	-
<i>Tribonema</i> sp. (5)	5,6-1004,7	0,01-0,08	8	0,02
<i>Prasiola fluviatilis</i> (2)	7,1-19,3	0,01-0,05	13	0,03
<i>Hydrurus foetidus</i> (3)	1,4-9,3	0,01-0,07	2	0,02
<i>Ulothrix zonata</i> (4)	1,2-2,1	<0,001-0,2	2	0,01
<i>Cladophora fracta</i> (17)	1,1-513,1	<0,001-0,06	4,0	0,02
<i>Chara</i> sp. (2)	1,6-2,9	0,03	2	0,03
<i>Chaetophora lobata</i> (3)	2,2-210,1	0,01-0,06	3,6	0,04
Zygnemataceae (14)	0,6-10,4	<0,001-0,03	4,3	0,02

Собственно водорослевый мат формируется либо как результат особенности роста и развития самого организма, либо под действием процессов, происходящих в окружающей среде (волнение, течение). Так водорослевый мат у *Cladophora*, *Vaucheria* и, отчасти, плотные подушки *Chara*, имеют сложную архитектуру, представляют собой сообщество растительных и животных организмов. Виды рода *Cladophora* признаны инженерами [15], которые придают однородному водному телу особую пространственную структуру. Количество и разнообразие эпифитных видов водорослей (диатомовых синезеленых и др.), поселяющихся на макроводорослях, напрямую зависит от характера строения стенок клеток макроводорослей (пектиновая ослизняющая или целлюлозная шероховатая). Большая площадь шероховатой поверхности позволяет не только в массе развиваться эпифитам, но и сорбироваться ТМ (взвесь, микрочастицы и пр.), а так как клетки имеют незначительные размеры удаление примесей затруднительно. Эпифиты и примеси в совокупности искажают результаты анализов и поэтому должны правильно интерпретироваться при оценке загрязнения среды. Также различается содержание ТМ в разных частях водорослевых скоплений. Согласно [12], концентрация ТМ выше у образцов, собранных из старых частей скоплений, примыкающих к субстрату. Для харовых и кладофоровых водорослей отмечено, что при обитании в водах с минерализацией свыше 500 мг/л на талломах появляются отложения минеральных солей, которые также должны учитываться при анализе.

Различная степень ослизнения оболочек клеток является одним из механизмов создания крупных агрегаций из несвязанных между собой клеток (*Tetraspora*) или нитей (*Spirogyra*). Виды с ослизненными нитчатыми (*U. zonata*) и разнонитчатым талломами (*Chaetophora*, *Batrachospermum*) практически не имеют эпифитов, минеральные частицы, которые могут существенно исказить результаты анализов, также слабо задерживаются на поверхности оболочек клеток этих видов. Поэтому при возможности выбора предлагается отдавать предпочтение видам с «чистыми» клеточными поверхностями (*U. zonata*, *Spirogyra* sp.). Эти виды более предпочтительны при мониторинге загрязнения ТМ.

В работах по мониторингу загрязнения больших по площади территорий часто предлагается использовать так называемые сквозные виды – виды, встречающиеся во всех точках наблюдений. Однако, как показывают исследования, проведенные на территории Забайкальского края [6; 7; 8; 9], состав видов от места к месту может значительно варьировать. В таком случае виды макроводорослей «сквозными» будут только на участках разных рек, протекающих в одинаковых ландшафтно-климатических условиях. Проведение мониторинга одного водотока, пересекающего разные ландшафты, используя разные макроводоросли в таком случае затруднительно. Для решения проблемы необходимы знания об индивидуальных

(видоспецифичных) различиях в накоплении ТМ разными организмами в одинаковых условиях среды. В таблице 6 представлены результаты параллельного определения содержания ТМ в разных видах макроводорослей для 4 водотоков. Хорошая сходимость результатов проявилась по As, Cd, Pb, в меньшей степени Cu у *U. zonata* и *H. foetidus* в незагрязненном водотоке. Рост концентраций Pb в воде хорошо прослеживается параллельным ростом концентраций у *Tribonema* sp. и *Cl. fracta*. Так как Zn относится к элементам, необходимым для организмов, содержания его в макроводорослях варьируют в широких пределах. Тем не менее, в условиях повышенных концентраций в воде при загрязнении накопление Zn различными видами водорослей сходно.

Точная оценка способности макроводорослей к биоаккумуляции не возможна без рассмотрения вопроса о соотношении веса макроводорослей в воздушно сыром и воздушно сухом состоянии. Определение содержания элементов в основном производится в сухом виде, а водоросли существуют в воде в живом (сыром) состоянии и концентрируют элементы в сырой массе. Поэтому расчеты биоаккумуляционных способностей необходимо проводить в расчете на сырую массу водорослей. Различия у соотношения сухого и сырого веса у макроводорослей могут быть значительны. Так, один грамм сухого веса у *Cl. fracta* приблизительно равен 2,8 г сырого веса, у *Tribonema* sp. 3,1 г, у *Spirogyra* sp. 3,2 г, тогда как у *Ch. lobata* он равен 26,5, у *Draparnaldia glomerata* 48 г. Способность концентрировать ТМ у *Chaetophora lobata*, оказывается ниже, чем у *Cl. fracta*, что ярко проявляется при совместном их обитании. Соответственно концентрации ТМ в расчете на сырую массу живых макроводорослей этих видов будет различаться от 8 до 16 раз. Это очень важно при расчетах коэффициентов накопления ТМ организмами. Нами выявлено, что при одном и том же содержании свинца в воде (15,03 мкг/л) коэффициент накопления у кладофоры оказывается в 23 раза выше.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Забайкальский край № 11-05-98034-р\_сибирь\_a.

#### Список литературы

1. Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) / Ред. В.Б. Сочава, К.М. Продай-Вода, Н.Н. Тартышев и др. М.- Иркутск: ГУГК при Совете Министров СССР, 1967. 176 с.
2. Виноградов Г.Д. Физиолого-биохимическое состояние промысловой ихтиофауны в условиях диссеминации ксенобиотиков в бассейне р. Белая. Автореф... канд. биол. наук. Москва, 2011. 22 с.
3. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. 348 с.
4. Комулайнен С.Ф., Морозов А.К. Динамика тяжелых металлов в фитоперифитоне малых рек Кольского полуострова // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 6. С. 752-756.
5. Куклин А.П. Сообщества макрофитных водорослей как индикаторы процессов изменения климата. Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия. Мат. межд. Симп. Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. С. 101-105
6. Куклин А.П. Макрофитные водоросли – индикаторы загрязнения речной сети приграничных территорий (на примере Кыринского района Забайкальского края). Природоохранное сотрудничество в трансграничных экологических регионах: Россия – Китай – Монголия. Сб. науч. матер. Чита: Экспресс-издательство, 2011. С. 117-121.
7. Куклин А.П. Макрофитные водоросли в малых реках бассейна реки Аргунь // Аргунские просторы. Чита: Экспресс-издательство, 2006. С. 113-119.
8. Куклин А.П. Макрофитные водоросли в малых реках бассейна реки Хилок // Вестник ИГУ. 2009. Т.2. № 1. С. 45-48.
9. Куклин А. П. Экология сообществ макрофитных водорослей Восточного Забайкалья (на примере бассейна верхнего и среднего течения р. Хилок) // Автореф. дисс... канд. биол. наук. Улан-Удэ: БГУ, 2002. 21 с.
10. Леонова Г.А. Бобров В.А. Геохимическая роль планктона континентальных водоемов Сибири в концентрировании и биоседиментации микроэлементов. Новосибирск: Академ. изд-во ГЕО, 2012. 314 с.
11. Леонова Г.А. Оценка современного экологического состояния озер Алтайского края по биогеохимическим критериям. Исследовано в России. 2005. С. 954-572 <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2005/091.pdf>
12. Komulaynen S.F. Morozov A.K. The accumulation dynamics of heavy metals by phytoperiphyton in small rivers // Ecological Studies. Hazards. Solutions. 2010. V.15. P. 9-10.

13. Novis F., Harding J.S. Extreme Acidophiles // Freshwater algae associated with acid mine drainage // Algae and cyanobacteria in extreme environments. Springer, 2007. P. 443-463.
14. Sudhakar G., Jyothi B., Venkateswarlu V. Metal pollution and its impact on algae in flowing waters in India // Arch. Environ. Contain. Toxicol. 1991. 21. P. 556-566.
15. Zulkifly S.B., Graham J.M., Young E.B., Mayer R.J., Piotrowski M.J., Smith I., Graham L.E. The genus *Cladophora* Kützing (Ulvophyceae) as a globally distributed ecological engineer // J. Phycol. 2013. V.49. P. 1-17.

## **MACROALGAE IN THE MONITORING POLLUTION OF RIVERS BY HEAVY METALS**

**Kuklin A.P.**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

*e-mail:kap0@mail.ru*

**Abstract:** The study are installed the content of Cu, Zn, As, Cd, Pb, Hg in widespread in the territory of Trans-Baikal Territory macrophyte algae collected from contaminated and conditionally "pure" watercourses. The paper discusses features of the device macroalgae and algal mats affecting the results of the monitoring.

**Keywords:** macroalgae, heavy metals, pollution monitoring, key species.

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДЕ И ВОДОРОСЛЯХ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БУКУКУН

Куклин А.П.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия  
kap0@mail.ru*

**Абстракт:** Проведено исследование содержания тяжелых металлов в воде и макроводорослях в бассейне р. Букукун в пределах Сохондинского биосферного заповедника и примыкающей природоохранной зоны. Выявлено, что содержание тяжелых металлов в водорослях повышено. Необходимо проведение мониторинга за тяжелыми металлами на территории бассейна р. Букукун.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, макроводоросли.

Забайкальский край, как территория 300-летней историей добычи цветных металлов, представляет природный полигон для изучения вопросов миграции и накопления тяжелых металлов (ТМ) организмами, в том числе и водными. Исследований накопления тяжелых металлов водными организмами в Забайкальском крае немного, из последних известны работы О.К. Клишко с соавторами [2, 3] и А.П. Куклина [5]. До сих пор остаются неизвестными величины регионального фонового содержания тяжелых металлов в организмах. Помимо вопросов фоновых содержаний элементов в организмах актуальны вопросы о пределах аккумуляции ТМ пресноводными организмами в экстремальных условиях среды.

Хорошим полигоном для проведения исследований является Верхнеамурский бассейн, в частности бассейн р. Букукун. Верховья бассейна располагаются в заповедном ядре Сохондинского биосферного заповедника, тогда как низовья реки в пределах его охранной зоны, что ограничивает современное антропогенное воздействие. В северной части бассейна р. Букукун и примыкающему к нему бассейну р. Ингода имеются кассетерит-сульфидные месторождения (Букукунское, Сохондинское и др.). Букукунское месторождение олова, находящееся в верховьях р. Букукун, отрабатывалось в период 1937-1945 гг. [4]. С сульфидных месторождений возможен вынос в водные потоки таких элементов как цинк, медь, свинец и др.

Целью нашего исследования было определение содержания тяжелых металлов в воде и макроводорослях в бассейне р. Букукун.

Вода для определения отбиралась в чистые емкости с последующей фиксацией концентрированной азотной кислотой. Организмы собирались в осенний и летний период 2011-2012 гг. Места отбора проб воды и организмов показаны на рисунке. Для определения содержания тяжелых металлов не фиксированные организмы на месте сбора тщательно промывались от посторонних примесей профильтрованной водой из водотока. Нами при промывке образцов организмов не использовалась дистиллированная вода, т.к. по своим характеристикам она значительно отличается от природной воды из мест обитания. Дистиллированная вода оказывает физико-химическое действие на водоросли, что приводит к искажению результатов. Затем макроводоросли и рыб сушили до достижения постоянного воздушно-сухого веса и истирали в агатовой ступке. Анализ на содержание тяжелых металлов проведен на приборе ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Для проверки надежности использовали внутренние стандарты и стандартные растворы PerkinElmer, а также стандартный образец элодеи канадской ЭК-1 (ГСО 8921-2007; СО КООМЕТ 0065-2008-RU).

Изучение макро- и микрокомпонентного состава вод на территории Сохондинского биосферного заповедника начато сотрудниками ЧИПР в 1982 году и с большой тщательностью проводилось вплоть до 1989 г. За этот период еженедельно во время открытой воды проводились исследования состава вод на реках Киркун, Букукун, Енда, Агуца в пределах заповедника [8]. Сравнение наших результатов по р. Букукун с данными, полученными ранее представлены в таблицах 1-2.

Относительно исследований, проведенных в 1983 г. отмечается повышение значений гидрокарбонатов, хлоридов и сульфатов, что отразилось и на увеличении общей минерализации воды. Причинами этого может быть низкий уровень р. Букукун в период осенней межени. Содержание фосфора очень незначительно как в озере Букукун, так и в нижнем течении р. Букукун.

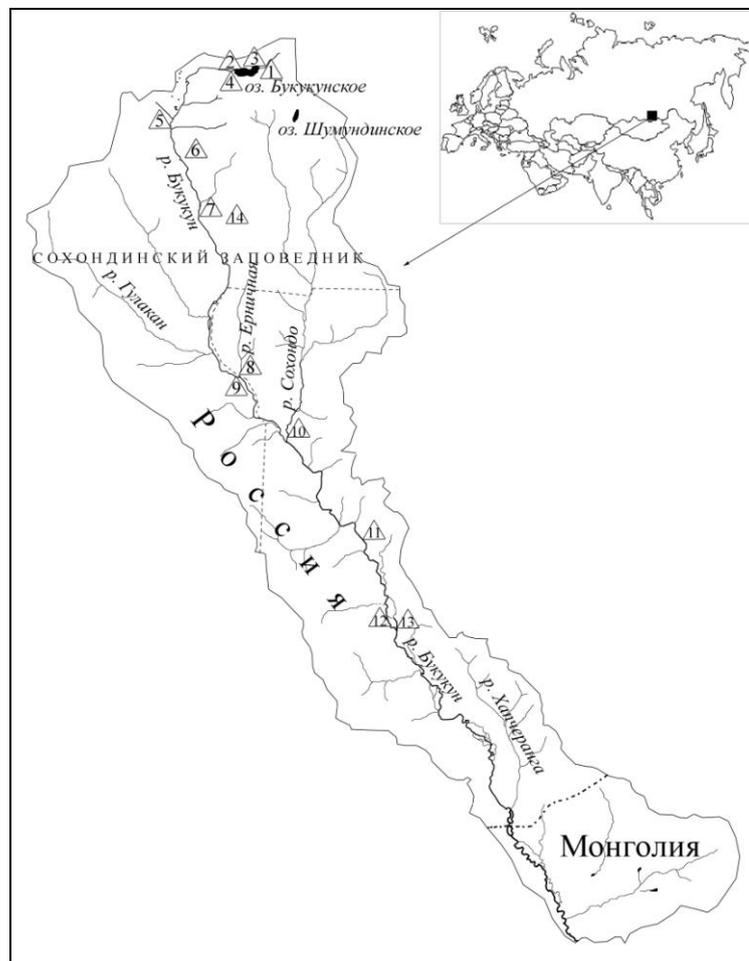


Рисунок. Карта-схема участков исследования флоры макроводорослей.

Здесь и в табл. 1-4 цифрами обозначены: 1 – р. Прабукукун; 2 – оз. Букукун; 3 – ключи по северо-восточному берегу оз. Букукун; 4 – исток р. Букукун; 5 – верхнее течение р. Букукун; 6 – ключи по левому берегу р. Букукун; 7 – р. Встречный; 8 – Ерничная; 9 – р. Букукун выше устья р. Ерничная; 10 – р. Сохондо; 11 – р. Букукун выше автомаста; 12 – р. Букукун ниже устья р. Дорожная; 13 – протока р. Букукун ниже устья р. Дорожная; 14 – штольни рудника Вершина Букукуна.

В сентябре 2012 года было проведено исследование микрокомпонентного состава вод р. Букукун от истоков до 5 км зоны на границе с Монголией. Результаты представлены в таблице 2. Следует отметить превышение отдельных элементов в водах, например цинка, в озере Букукун относительно допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (по рыбохозяйственным нормативам РФ в 14 раз, по нормативам США в 1,2 раза). В целом от истоков к среднему течению отмечается рост концентраций в воде олова, к устью – железа. Концентрации ТМ, согласно норматива для питьевых вод, не превышают значения даже в лужах и ручьях их штолен и отвалов отработанного кассетерит-сульфидного месторождения Вершина Букукун.

Таблица 1

Макрокомпонентный состав (мг/л) вод оз. Букукун, р. Букукун, р. Ерничная

№	мм.гг	Т°С	рН	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	Si	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	М
2	9.2012	8	6.7	0.08	0.78	0.014	1.0	15.25	<2.0	0.68	2.0	1.22	0.86	0.28	20
8	9.2011	3	7.4	0.07	0.82	0.004	4.69	39.65	8.39	1.21	9.02	3.04	2.58	1.23	70
9*	За 1983 г.	-	7.0	-	-	-	4.35	13.9	3.1	0.4	5.1	0.5	2.7	0.5	35
12	6.2011	9	7.1	<0.05	0.5	0.005	1.81	36.6	7.08	0.69	6.01	2.43	2.42	0.82	60
12	9.2011	11	6.8	0.53	<0.5	0.02	3.58	36.6	4.94	0.86	6.01	2.43	2.53	0.79	60
12	6.2012	10	7.3	0.11	0.00	0.011	1.75	30.5	2.14	0.68	6.01	1.22	1.86	0.64	50

Примечание: «->» нет данных; «\*» - по [7]; М – минерализация, мг/л.

Исследования биологического разнообразия экосистем бассейна р. Букукун до сих пор ограничивались изучением состава и распределения [1]. Результаты о содержании

микроэлементов в водорослях бассейна р. Букукун приводятся впервые и представлены в таблице 3.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов (мкг/л) в водах бассейна р. Букукун (июнь, сентябрь 2012)

№	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Cd	Sn	Hg	Pb
1	0,3	2,1	81,3	0,04	0,9	1,1	16,4	1,2	9,3	0,1	0,02	0,10	0,01	0,72
2	0,4	11,2	90,3	0,05	0,3	1,7	140,8	1,8	9,1	0,1	0,02	0,17	0,01	0,76
5	0,3	2,12	168,8	0,03	0,4	2,8	20,8	2,5	20,9	0,4	0,02	0,07	0,01	0,67
9	0,8	5,62	239,7	0,10	1,6	5,1	25,5	2,6	26,6	0,7	0,18	1,63	0,03	4,79
8	0,4	1,8	117,0	0,08	0,5	2,4	7,3	3,4	41,8	1,0	0,01	0,23	0,03	1,26
9*	-	-	-	-	-	2,1	9,1	-	-	3,5	-	1,1	-	1,6
13	0,5	3,5	87,4	0,07	0,3	2,7	4,6	3,1	30,7	0,5	0,01	0,09	0,01	0,23
13**	4,3	8,6	303,6	0,20	4,3	4,3	10,9	2,7	33,6	0,7	0,65	0,10	0,01	1,79
14a	0,4	2,8	158,9	0,05	0,6	1,6	6,5	31,5	371,3	2,8	0,02	0,15	0,01	0,72
14б	0,4	50,7	218,9	0,18	1,4	2,2	33,3	28,6	140,3	1,8	0,08	0,26	0,00	2,58
15	0,5	9,1	375,1	0,14	0,5	1,1	29,4	3,3	23,8	0,3	0,04	0,10	0,01	1,33
ПВ	50	100	300	-	100	1000	5000	-	7000	250	1	-	-	-
PX	20-70	10	100	10	10	1	10	50	400	1	5	112	0,01	6
ССС	11-74	-	1000	-	52	9	120	150	-	-	0,25	-	0,77	2,5

Примечание: «-» – нет данных; «\*» – по [8]; «\*\*» – данные за июнь 2012; ПВ – ПДК питьевые воды; PX – ПДК рыбохозяйственных водоемов; СССР – максимальная концентрация элемента в воде, при которой водные сообщества могут находиться постоянно, не испытывая вредного влияния [9], 14a – штольня 1; 14б – штольня 2; 15 – р. Загадочный.

Таблица 3

Содержание тяжелых и токсичных металлов (мг/кг сухого веса) в водорослях р. Букукун, р. Киркун<sup>а</sup> и р. Ерничная

№	Таксон	Cr	Mn	Fe*	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Mo	Cd	Hg	Pb
8	Диатомовые	6,0	94	5,4	1,0	2,5	7,0	31	20,4	22,3	0,6	0,2	0,01	10,8
9	<i>Tribonema sp.</i>	6,4	117	4,9	0,8	2,2	9,2	53	12,7	33,4	0,4	0,7	0,01	5,6
12	<i>U. zonata</i> др-ж	24,5	350	11,9	3,3	7,8	16,0	67	28,7	105,5	0,8	2,0	0,02	12,0
12	<i>U. zonata</i> русло	1,5	48	1,1	0,3	1,6	0,9	28	11,1	74,4	0,2	0,5	0,00	2,2
13	<i>Spirogyra sp.</i>	ND	121	2,2	1	1,1	7,8	135	13,2	25,0	0,6	0,8	0,03	1,7
	<i>U. zonata</i> <sup>а</sup> др-ж	3,4	101	2,2	0,8	1,9	8,7	25	5,3	113,6	0,3	0,5	ND	2,2
	Ulotrichaceae**	-	-	-	-	-	3-71	54-310	-	-	-	0,2-1,5	0,09-0,9	-
	Zygnemataceae**	-	-	-	-	-	3-73	31-251	-	-	-	0,2-1,5	0,09-0,9	-

Примечание: ND – ниже порога определения; «-» – нет данных; «\*» в г/кг; «\*\*» – по [6].

Отсутствие сведений о нормировании содержания ТМ в организмах затрудняет проведение полновесного анализа материала по всем элементам. В условиях, когда организмы развиваются в водах, дренирующих аллювиальные отложения, концентрации ТМ возрастают, по отдельным элементам выходят на уровень водных объектов, подвергающихся загрязнению. В водорослях, собранных в основном русле реки концентрации ТМ соответствуют содержанию в организмах, обитающих в незагрязненных и слабозагрязненных условиях.

Сравнение содержаний ТМ в *U. zonata* из р. Букукун и р. Киркун, собранных в сходных местообитаниях (дренаж через аллювиальные отложения), наглядно показывает рудоносность бассейна р. Букукун. Геохимический ряд для *U. zonata* имеет вид Fe>Sr>Mn>Zn>As>Pb>Ni>Cr>Cu>Cd>Co>Mo>Hg и *Spirogyra sp.* Fe>Zn>Mn>Sr>As>Cu>Pb>Ni>Co>Cd>Mo>Hg>Cr.

По нашим данным отмечается рост минерализации воды в р. Букукун, что, вероятно, обусловлено общей аридизацией климата над территорией Забайкалья. Нами не выявлено загрязнения водной среды ТМ. Содержания ТМ находятся в пределах нормативов питьевых вод и нормативов, принятых для рыбохозяйственных водоемов. Содержания ТМ в макроскопических водорослях, собранных на участках дренажа подрусовых вод в русло,

выше. Это свидетельствует о формировании аллювиальных отложений из пород, обогащенных рудными элементами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ-Забайкальский край № 11-05-98034-р\_сибирь\_а.

#### Список литературы

1. Антонов А.Л. Морфо-экологические особенности тупорылого ленка *Brachymystax tumensis* Mогі, 1930 из озера Букукунского (бассейн р. Онон) // Известия ИГУ. Серия Биология. Экология. 2009. Т. 2. № 1. С. 62-65.
2. Клишко О.К. Фоновые данные по биоаккумуляции тяжелых металлов гидробионтов на территории Удоканского месторождения // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Труды IV Всероссийского симпозиума и X Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита, Поиск, 2012. С. 53-58.
3. Клишко О.К., Авдеев Д.В., Зазулина В.Е., Борзенко С.В. Роль хирономид (Diptera, Chironomidae) в биологической миграции химических элементов в экосистеме антропогенных водоемов // Чтения памяти В.Я. Леванидова. 2005. В. 3. С. 360-367.
4. Козлов В.Д. Геохимическая эволюция мезозойского гранитоидного магматизма ингода-сохондинского рудного района и генетические особенности букукунского оловорудного месторождения (Восточное Забайкалье) // Известия СО секции наук о земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2010. № 1 (36). С. 91-103.
5. Куклин А.П. Содержание тяжелых металлов в макроводорослях водоемов и водотоков Забайкалья // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование. Труды IV Всероссийского симпозиума и X Всероссийских чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита: Поиск, 2012. С. 58-60.
6. Никаноров А.М., Жулидов А.В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
7. Погребняк Ю.Ф., Кондратенко Л.А., Лапердина Т.Г., Цыбикдоржиев Ж., Улыбина Г.Л., Сусленкова Р.М., Филатов А.В., Бурасов В.И. Временные вариации содержания рудных элементов в водах потоков рассеяния // Рудные элементы в водах зоны гипергенеза месторождений. Новосибирск: Наука, 1989. С. 53-81.
8. U.S. EPA (2013) National Recommended Water Quality Criteria, US Environmental Protection Agency. Available from <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm>. Accessed 20 May 2013.

## СВИНЕЦ В ЛАПЧАТКЕ СКУЧЕННОЙ (*POTENTILLA ACERVATA SOJAK*) В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОМ ЛАНДШАФТЕ ШЕРЛОВОГОРСКОГО ГОРНОРУДНОГО РАЙОНА

Юргенсон Г.А., Горбань Д.Н.

*Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия*  
*yurgga@mail.ru*

**Абстракт:** Изучено распределение свинца в ландшафтных зонах и их компонентах Шерловогорского рудного района, а также в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata Sojak*), являющейся одним из пионерных растений ландшафтов, нарушенных в результате добычи и переработки полезных ископаемых. Выявлены существенные различия их концентраций в почвах и техноземах частей Шерловогорского рудного района, различающихся типом оруденения. Содержания свинца во всех компонентах ландшафта значительно выше его кларка: содержание свинца в почвах района составляет соответственно 214.04, что превышает кларк в 21.4 раз. Содержания свинца в органах лапчатки скученной находится в пределах 0.19 – 26.8 мг/кг. Его КБП не зависит от валового содержания почвах и техноземах. Накопление этого элемента разными органами лапчатки скученной (корни → стебли, листья, цветки, частью семена) существенно различается. Концентрации Pb возрастают в направлении: корни → цветки (семена) → стебли → листья, но на фоновом участке заметно большее его содержание находится в корнях. Основными подвижными формами свинца, обеспечивающими захват его растениями, являются ионообменные водо- и кислоторастворимые, составляющие в среднем не более 25%. Доля собственно водорастворимых форм составляет лишь первые проценты. Корневая система лапчатки скученной отличается слабой барьерностью по отношению к рассматриваемому элементу.

**Ключевые слова:** свинец; почва; технозем; природно-техногенный ландшафт; *Potentilla acervata Sojak*; накопление; органы растения; концентрации; средние значения.

В качестве одного из информативных объектов изучения процессов миграции химических элементов на территории Шерловогорского горнорудного района в системе горная порода (руда) → кора выветривания (зона окисления) → почва (технозем) → растение выбрана лапчатка скученная (*Potentilla acervata Sojak*), как пионерное растение, осваивающее техногенно-нарушенные территории. На примере этого растения проведено изучение по определению и распределению концентрации Pb в органах этого растения.

Свинец в последнее время привлекает большое внимание, как один из главных компонентов химического загрязнения среды и как элемент, токсичный для растений. Биогеохимические особенности поведения свинца изучены недостаточно. Поэтому изучение концентрации этого элемента в различных органах лапчатки скученной представляется достаточно важным.

Для этого растения первые сведения о накоплении им мышьяка, цинка, кадмия имеются в опубликованной литературе [6, 12, 14, 15]. Установлено, что указанные химические элементы различно аккумулируются в органах лапчаткой скученной. Выявлено, что его коэффициент биологического поглощения, в основном, не зависит от валового содержания в почвах. Поведение мышьяка в лапчатке скученной с геохимической и биогеохимической точек зрения впервые дано в [14].

Целью исследования является изучение содержания свинца в лапчатке скученной, произрастающей в разных геохимических условиях на территории Шерловогорского рудного района Забайкальского края и выявление особенностей его биологического захвата исследуемым растением.

Объектом изучения является Шерловогорский горнорудный район, который находится на юго-востоке Забайкальского края и представляет собой типичный природно-техногенный ландшафт, в состав которого входит карьер, хвостохранилище, отвалы бедных и забалансовых руд, а также группу месторождений, образовавшихся в процессе функционирования Шерловогорской рудно-магматической системы. Кроме того, природно-техногенным ландшафтом является система разномасштабных выработок, неоднократно проходившихся за почти трехсотлетнюю историю добычи камнесамоцветного сырья в пределах Шерловогорского гранитного массива, содержащего коренные месторождения олова, вольфрама, бериллия и висмута. Компонентами природно-техногенного ландшафта стали и конусообразные отвальные хвосты разработки касситерит-вольфрамит-бисмутитовых россыпей падей Заводская и её притока Рудничная [19]. Россыпи разрабатывались начиная с 1916 года по начало 1960-х.

Природную геохимическую аномалию района определяет Шерловогорская рудномагматическая система, которая включает три месторождения. Одно из них – одноименное месторождение олова, вольфрама, висмута и бериллия. Другой составной частью этой рудномагматической системы являются оловополиметаллическое месторождение Сопка Большая и собственно полиметаллическое – Восточная аномалия [19].

Высокие содержания свинца в почвах и растениях, произрастающих на участках загрязнения, вероятно, обусловлены его высокими концентрациями в рудах и природных геохимических аномалиях.

Район исследования относится к степной зоне. Формирование почв происходило под воздействием своеобразных природных условий: близкое залегание коренных пород, наличие многолетней и длительно–сезонной мерзлоты, широкое распространение процессов выветривания, а также эоловых и других эрозионных процессов [6].

Под сухой редкотравной степью в условиях сухого климата образуются каштановые почвы, представляющие собой переходный тип от черноземов умеренно-сухих степей к сероземам пустынь. Содержание гумуса в аккумулятивном горизонте не превышает 2-5 %, что придает ему каштановую окраску. Для каштановых почв характерно развитие злаковой и полынной растительных группировок. Большая его часть – зона недостаточного увлажнения [10].

Величина рН является наиболее стабильным генетическим показателем конкретного типа почвы и её варьирование в разных границах составляет 5-10% [1]. Реакция почвенного раствора в большинстве является слабощелочной (рН = 7.2-7.5) [11].

В 1993 году закрыт горно-обогатительный комбинат, и работы по добыче и переработке олово-полиметаллических руд были прекращены. Техногенные массивы, которые явились следствием работы комбината, стали ареной геотехногенеза. Они постепенно стали зарастать пионерными растениями, такими, как полыни, лапчатки, горец узколистый, дендрантемы, мак голостебельчатый, кипрей, тополя, березы и другие.

Поскольку растения – часть трофической цепи, конечным звеном которой → является человек, изучение содержания свинца в них стало одним из важных направлений в системе гигиенического анализа качества окружающей среды. Полагают, что существует три механизма поступления элементов в растения. Два из них действуют через корневую систему, а третий представлен адсорбцией листьями [3]. Некая зависимость между аномально высокими содержаниями рассматриваемого элемента в растениях и пространственным размещением оруденения свидетельствует о преимущественном захвате его корневой системой растений.

В основу данной работы положены материалы (почвенные и растительные образцы), собранные авторами в составе коллектива лаборатории геохимии и рудогенеза в течение полевых сезонов за 2002-2009 гг. на территории Шерловогорского горнорудного района по исследуемым точкам. Всего исследовано 100 почвенных проб и 44 пробы растений лапчатки скученной на участках: фоновый (Т.1), Поднебесных (Т.2), жила Новая (Т.3), хвостохранилище (Т.4), карьер (Т.5) (рис. 1).

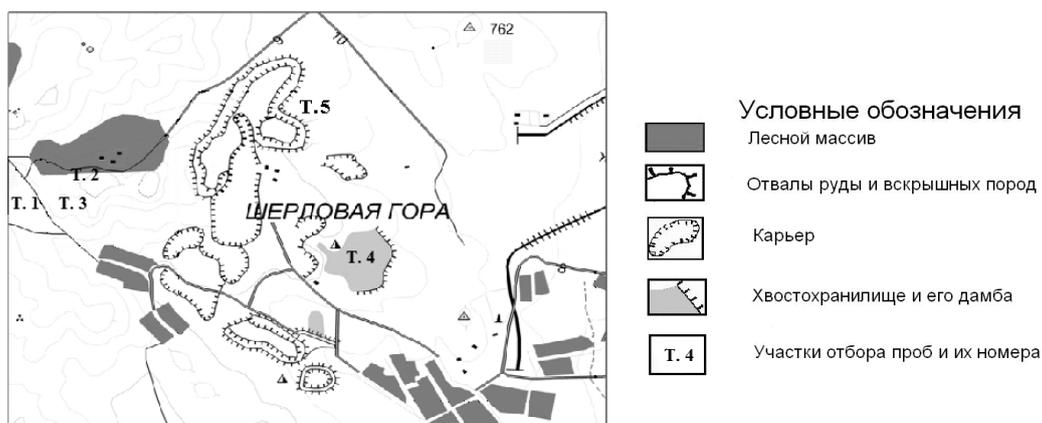


Рис. 1. Схема опробования территории Шерловогорского рудного района.

На каждом участке наблюдения проведены по точкам, хорошо изученным в геологическом отношении. Здесь отобраны объединенные пробы доминантных видов растений

из каждого яруса, которые встречаются на всех участках. Растения разделяли на органы. Корни и наиболее запыленные части растений промывали сначала струей проточной воды, а затем дистиллированной, и высушивали до воздушно-сухого состояния. Каждая проба растений формировалась из 10–20 экземпляров с площади 10x10 м.

Растения не озоляли, а непосредственно переводили в раствор. Разложение измельченного материала в смеси кислот и перекиси водорода позволило свести к минимуму потери свинца. Химический анализ растений проведен в Хабаровском инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на спектрофотометре ICP-MS Elan 9000 PerkinElmer (США). Нижний порог определения (НПО) для свинца ~0,01 мкг/кг. Свидетельство о поверке №119954 выдано 01 июля 2013г. Использовался метод кислотного разложения ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. Стандартный образец: Тр-1 (ГСО № 8922-2007), аналитики В.Е. Зазулина, А.Ю. Лушникова, Д.В. Авдеев, Е.М. Голубева, А.В. Штарева.

Отбор почвенных проб произведен в соответствии с ГОСТ 17.4.4. 02-84 по искусственным обнажениям.

Анализ почвы произвели методом РФА (НПО для свинца 0.001%) в Геологическом институте СО РАН, аналитики Б.Ж. Жалсараев, Ж.Ш. Ричинова.

Свинец во вмещающих горных породах, почвах и техноземах. В России, свинец согласно ГОСТу 17.4.1.02-83 [5], ГН 2.1.7.020-94 и СанПиН 2.1.7.1287-03 относится к 1 классу опасности. Известно, что он является попутным компонентом в рудах золоторудных, полиметаллических, олово-полиметаллических и других месторождений Забайкалья.

Среднюю концентрацию Pb в поверхностном слое почв в глобальном масштабе можно, вероятно, оценить 25 мг/кг [10]. Кларк свинца в почвах мира по А.П. Виноградову равен 10 мг/кг [4, 7]. В России значение ПДК для свинца весьма жесткое и составляет 30 мг/кг [2].

По полученным новым данным средние содержания свинца во вмещающих месторождение горных породах, почвах, почво-грунтах и техноземах Шерловогорского горнорудного района значительно превышают кларк, в 15,9, 21,4, 34 и 44,8 раз соответственно (табл. 1). Эти цифры однозначно свидетельствуют о том, что весь этот район представляет собою не только геотехногенную, но и природную геохимическую аномалию.

Таблица 1

Свинец в рудах и почвах Шерловогорского рудного района

Анализируемый материал	x, мг/кг	$\sigma$	$\sigma/x$	x/кларк	x/ПДК	n
Руда олово-полиметаллического месторождения Сопка Большая	8962.5	3611.9	0.403	560.2	298.8	589
Руда полиметаллического месторождения Восточная аномалия	10666	5003	0.469	666.6	355.5	15
Сульфидная минеральная ассоциация, наложенная на камнесамоцветный минеральный комплекс	41242	14651	0.355	2577.6	1374.7	10
Минеральный комплекс жил с камнесамоцветным сырьем	1096.7	1001.5	0.913	68.5	36.6	18
Вмещающие горные породы	253.7	179.4	0.707	15.9	8.5	20
Технозем в хвостохранилище	716.6	848.6	1.184	44.8	23.9	102
Природно-техногенный делювий в карьере	544	202.1	0.371	34	18.3	8
Почвы	214.04	379.50	1.77	21.40	7.13	398

Средние содержания свинца на участках достаточно высокие и выше кларка: фоновый (25 мг/кг); Поднебесных (240,44 мг/кг); жила Новая (105,81 мг/кг); карьер (786,6 мг/кг); хвостохранилище (1056 мг/кг). Содержания свинца в почвах и техноземах превышают ПДК за исключением фонового (рис. 2).

Основные минеральные формы нахождения свинца в слабоокисленных олово-полиметаллических рудах месторождения Сопка Большая (по убыванию): галенит, галенобисмутит, церуссит, англезит, миметит, вульфенит, плюмбозит, буланжерит [19].

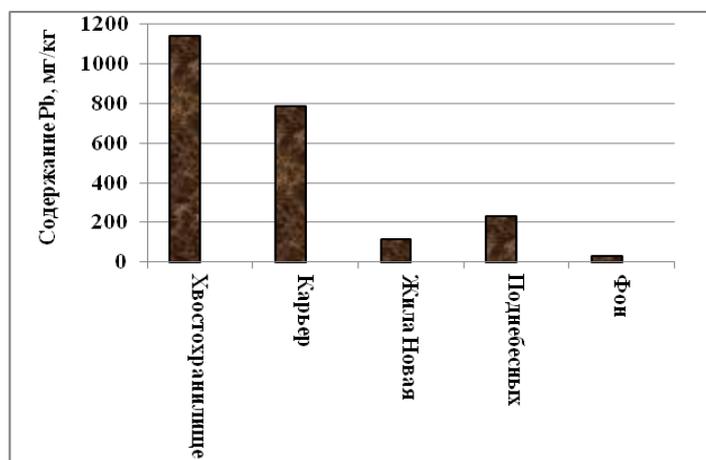


Рис. 2. Среднее содержание свинца в почвах и техноземах на участках отбора проб Шерловогорского рудного района.

В окисленных рудах месторождения Восточная аномалия соотношение минералов свинца по данным количественного минералогического анализа иное (по убыванию, мас.%): плюмбоярозит ( $\text{PbFe}_6^{+3}[(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2]_2$ ) + бедантит ( $\text{PbFe}_3^{+3}[(\text{OH})_6|\text{AsO}_4\text{SO}_4]$ ) + коркит ( $(\text{PbFe}_6^{+3}[(\text{OH})_6(\text{PO}_4, \text{SO}_4)])$ ) (1.69), церуссит  $\text{PbCO}_3$  (0.65), англезит  $\text{PbSO}_4$  (0.29), пироморфит (0.09), галенит (0.01), биндгеймит ( $\text{Pb}_{1-2}\text{Sb}_{2-1}(\text{O}, \text{OH}, \text{H}_2\text{O})_{6-7}$ ) (знаки). При общем содержании свинца 1.71% в руде по технологической пробе, исследованной в лаборатории минералогии ЗабНИИ МинГео СССР (руководитель Г.А. Юргенсон) в 1979 г., свинец, связанный с определенными минералами, мас. %, составляет: с англезитом 0.251, с суммой плюмбоярозита+ бедантита+ коркита 1.248, с церусситом 0.146, с пироморфитом 0.040, с галенитом 0.025.

В породах вскрыши, являющихся забалансовыми рудами олова месторождения Сопка Большая, по данным этой же лаборатории минералы свинца представлены (мас.%): плюмбоярозитом (0.21), церусситом (0.12), англезитом (0.1), галенитом (0.08), миметезитом (0.006). Кроме того, свинец содержится в гидроксидах железа в смеси со свинцовыми охрами (5.7), но доля свинца в них не более 0.2%. Наряду с минералами свинца в породах вскрыши содержатся (мас.%): касситерит (0.11), пирит (0.12), арсенопирит (до 0.1), сфалерит (до 0.1), скородит (до 0.11), халькопирит (до 0.05).

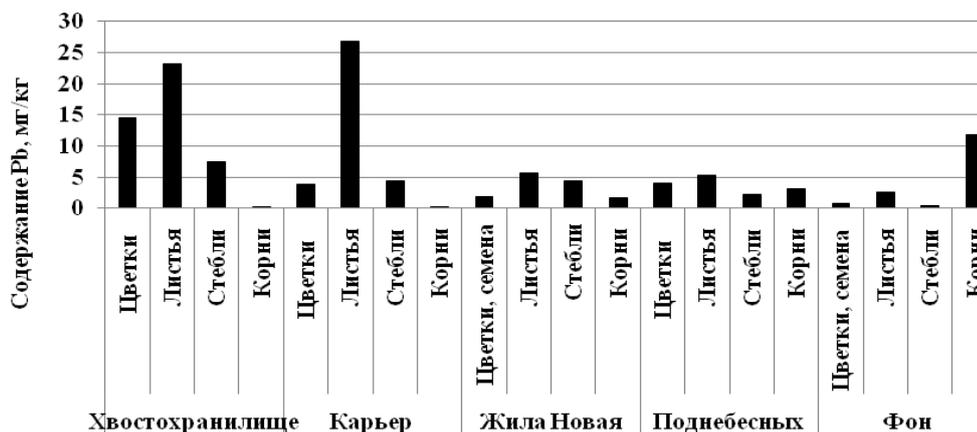


Рис. 3. Среднее содержание свинца в органах лапчатки скученной Шерловогорского рудного района.

В связи с тем, что, как ранее нами было установлено для мышьяка, цинка, молибдена, вольфрама и свинца для других растений, их валовые содержания в растениях и почвах не коррелируют, на примере почв и техноземов геотехногенной геосистемы Джидинского молибден-вольфрамового ГОКа выполнены исследования форм нахождения в них свинца [13, 20]. Установлено, что основной подвижной его формой, обеспечивающей захват его растениями являются ионообменные водо- и кислоторастворимые, составляющие в среднем не более 25%, а собственно водорастворимых содержится лишь первые проценты [13, 20].

Свинец в лапчатке скученной. Хотя в природных условиях Pb присутствует во всех растениях, выявить какую-либо особую его роль в метаболизме до сих пор не удалось. Бройер и др. [17] провели обзор этого вопроса и пришли к выводу, что если свинец и необходим для растений, то его концентраций на уровне 2-6 мкг/кг должно быть уже достаточно. Естественные уровни содержания свинца в растениях из незагрязненных и безрудных областей, по-видимому, довольно постоянны и лежат в пределах 0.1-10.0 мг/кг сухой массы (среднее 2 мг/кг) [16, 18]. Содержания свинца в съедобных частях растений, произрастающих в незагрязненных областях, по данным разных авторов, опубликованным в 1970-1980 годах, составляют 0.00-0.08 мг/кг влажной массы, 0.05-3.0 мг/кг сухой массы и 2.7-94.0 мг/кг золы [9]. Пределы варьирования содержания свинца в степной растительности Забайкалья 0.59-2.70 мг/кг [16]. Токсичная концентрация в листьях 30-300 мг/кг [8, 9].

В целом наблюдаются неравномерные содержания свинца в лапчатке скученной. Это может быть связано с типом минерализации на разных участках отбора проб, которая определяет валовые содержание элементов в почве (табл. 1).

Анализ данных, приведенных на рисунке 3, показал, что концентрация свинца в органах лапчатки скученной распределяется следующим образом: максимальное его значение присуще листьям, стебли содержат существенно меньшие его количества, и минимальное в корнях, однако, заметно высокое превышение в корнях наблюдается на фоновом участке. Содержание свинца в цветках вариабельно и зависит, вероятно, от фазы их развития. В начальных фазах, когда в них идет интенсивный метаболизм, захват его интенсивен и содержание достигает 14.49 мг/кг. В фазе формирования семян оно едва достигает 0.77 мг/кг, уменьшаясь примерно в 19 раз, что подтверждает сделанные нами ранее выводы о весьма слабом накоплении токсичных элементов в семенах растений, что обуславливает сохранение чистоты видов в потомках [6, 12, 14].

Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют о том, что КБП свинца лапчаткой скученной достаточно высок. Здесь максимальный КБП характерен для листьев, существенно меньший для цветков и стеблей. Поглощение свинца корнями лапчатки скученной незначительно.

Согласно (Ковалевскому, 1991) коэффициенты биологического поглощения в фоновых ландшафтах обычно близки или немного превышают единицу.

Таблица 2

КБП свинца лапчаткой скученной на исследованных участках отбора проб в пределах Шерловогорского рудного района

Название участка	Число индивидов растений	Число почвенных образцов	Орган растения	Свинец
				Коэффициент биологического поглощения
Хвостохранилище	8	22	Цветки, семена	0.013
			Листья	0.020
			Стебли	0.007
			Корни	0.001
Карьер	4	14	Цветки, семена	0.005
			Листья	0.034
			Стебли	0.005
			Корни	0.002
Жила Новая	8	24	Цветки, семена	0.016
			Листья	0.049
			Стебли	0.038
			Корни	0.015
Поднебесных	13	25	Цветки, семена	0.018
			Листья	0.023
			Стебли	0.009
			Корни	0.014
Фон	11	15	Цветки, семена	0.026
			Листья	0.089
			Стебли	0.013
			Корни	0.015

## Выводы

1. Впервые дан анализ содержаний свинца в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata Sojak*) в компонентах ландшафтов Шерловогорского рудного района.

2. Содержания свинца во всех компонентах ландшафта значительно выше его кларка. Существенные различия в содержаниях этого элемента в почвах и технозомах различных частей Шерловогорского рудного района, характеризующихся различными месторождениями и, соответственно, различными минеральными ассоциациями, указывают на четкую их зависимость от минералого-геохимического состава руд и отходов их обогащения.

3. Содержания свинца в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata Sojak*) находятся в пределах 0.19-26.82 мг/кг, в большинстве случаев превышая его средние значения для растений на всех рассмотренных участках, за исключением фонового. При этом КБП не зависит от его валового содержания почвах и технозомах.

4. Накопление свинца разными органами лапчатки скученной (*Potentilla acervata Sojak*) (корни, стебли, листья, цветки) существенно различается. Средние значения концентраций свинца в органах лапчатки скученной распределяются следующим образом (по возрастанию): корни → цветки → стебли → листья, но на фоновом участке заметно большее его содержание находится в корнях. Как показано нами ранее на примере полыни Гмелина, существенное значение для поглощения растением того или иного химического элемента имеют подвижные формы его нахождения в почвах. Для свинца первые опыты подобных исследований уже выполнены и показано, что основной подвижными его формами, обеспечивающими захват его растениями, являются ионообменные водо- и кислоторастворимые, составляющие в среднем не более 25%, а доля собственно водорастворимых составляет лишь первые проценты [13, 20].

5. Избирательное поглощение свинца отдельными органами лапчатки скученной может указывать на наличие у нее барьерных механизмов. В целом, можно полагать, что свинец плохо усваивается её корневой системой. Не задерживаясь в ней, он передвигается через стебли, накапливаясь в проводящих тканях и листьях, где происходит фотосинтез и формируется основная часть растительных тканей. Минимальные значения концентраций этого элемента в лапчатке скученной типичны для органов, ответственных за сохранение чистоты вида, что наблюдалось нами на примере мака голостебельного, полыни Гмелина и других растений [6, 12, 14 и др.].

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность коллегам к.г.-м.н. О.К. Смирновой, к.г.н М.А. Солодухиной и Р.А. Филенко, принимавшим участие в сборе и подготовке к анализу проб почв и растений.

## Список литературы

1. Башкин В. Н., Касимов Н. С. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2001. 648 с.
2. Большаков В.А., Белобров В.П., Шишов Л.Л. Словник. Термины, их краткое определение, справочные материалы по почвенной экологии, географии и классификации почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2004. 138 с.
3. Брукс, Р.Р. Биологические методы поисков полезных ископаемых. М.: Недра, 1896. 311 с.
4. Виноградов А.Н. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во Ан СССР, 1950. 279 с.
5. ГОСТ 17.4.4.02 – 83. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Отнесение химических веществ, попадающих из выбросов, сбросов, отходов, к классам опасности: Введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17 декабря 1983 г. N 6107.
6. Гудкова О.В., Юргенсон Г.А., Солодухина М.А., Будкина А.Ю., Голубева Е.М. Биогеохимические исследования в районе Шерловогорского горнорудного района // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Труды I Всероссийского симпозиума с международным участием и VII Чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита: Поиск, 2006. С. 114-118.
7. Добровольский В.В. Основы биогеохимии: учебник для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 400 с.
8. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов: Справочник. В 6 кн. Книга 3. Редкие р-элементы. М.: Недра, 1996. 352 с.

9. Кабата – Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 439 с.
10. Ногина Н.А. Почвы Забайкалья. М.: Наука, 1964. 315 с.
11. Смирнов А.А. Роль водородного показателя в миграции вольфрама в ландшафте Шерловогорского горнорудного района // Молодежь и наука Забайкалья. Чита, 2008. С. 14-16.
12. Смирнов А.А., Г.А. Юргенсон., М.А. Солодухина, О.В. Гудкова Первые данные о биогеохимических особенностях концентраций вольфрама в растениях Шерловогорского горнорудного района // Минералогия и геохимия ландшафта горнорудных территорий. Современное минералообразование: Труды I Всероссийского симпозиума с международным участием и VII Чтений памяти акад. А.Е. Ферсмана. Чита: Поиск, 2006. С. 135-139.
13. Смирнова О.К., Плюснин А.М. Джидинский рудный район (проблемы, состояние окружающей среды). Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 180 с.
14. Солодухина М.А, Г.А. Юргенсон, А.Ю. Лушникова Мышьяк в растениях природной геохимической аномалии Забайкальского края (на примере Шерловогорского рудного района) // Ученые записки ЗабГУ. Серия: Естественные науки. Издательство ЗабГУ. 2012. № 1. С. 79-86.
15. Филенко И.М., Филенко Р.А., Юргенсон Г.А. Особенности распределения цинка и кадмия в органах лапчатки скученной (*Potentilla acervata* Sojak) в природном и геотехногенном ландшафте месторождения Шерловая Гора // Вопросы естествознания. Иркутский государственный университет путей сообщения. 2015. № 3 (7). С. 149-153.
16. Allaway W. H. Control of the environmental levels of selenium. University of Missouri: Columbia, 1968. 181 p.
17. Broyer T. C., Johnson C. N., Paull R. E. Some aspects of lead in plant nutrition // Plant Soil. 1972. V.36. P. 301.
18. Cannon H. L. Lead in vegetation. Lead in the Environment, Lovering, 1976. 957 p.
19. Yurgenson Georgiy A., Kononov Oleg V. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals // Famous mineral localities of Russia: Sherlova Gora // Mineralogical Almanac. 2014. V.19. Issue 2. P. 12- 93.
20. Yurgenson G.A. About the forms of lead in Soil Talling Dzhida Tungsten-Molybdenum Plant // Goldschmidt 2015 Abstracts. 25th Anniversary Geochemistry Conference. Czech Republic. Prague, 2015. P. 3553.

## **THE LEAD IN POTENTILLA CROWDING (*POTENTILLA ACERVATA* SOJAK) IN NATURAL-TECHNOGENIC LANDSCAPES SHERLOVOGORSK MINING AREA**

**G.A. Yurgenson, D.N. Gorban**

*Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita, Russia*

*e-mail: yurrga@mail.ru*

**Abstract:** A study of lead distribution in the landscape areas and their components Sherlovaya ore region, as well as in organs congested cinquefoil (*Potentilla acervata* Sojak), which is one of the pioneer plants landscapes disturbed by mining and processing mineral resources. Significant differences in their concentrations in soils and tehnosoils parts Sherlovaya ore district, different type of mineralization. Lead content in all components of the landscape is significantly above its clarke: lead content in the soil of the district is 214.04 respectively, which exceeds clarke in 21.4 times. Lead content in *Potentilla* congested organs is within 0.19 - 26.8 mg / kg. His PCU does not depend on the bulk content of soils and tehnosoils. The accumulation of this element in different organs congested cinquefoil (roots, stems, leaves, flowers, seeds are a part) are significantly different. Pb concentrations increase in a direction: the roots → flowers (seeds) → stalks → leaves, but in the background section of markedly increasing its content is in the roots. The main mobile forms of lead, is captured by plants, are ion-exchange water and acid, of not more than 25% on average. Share your own water-soluble form is only the first interest. Root *Potentilla* congested system differs weak barrier with respect to the element in question.

**Keywords:** lead; soil; technosoil; natural-technogenic landscapes; *Potentilla acervata* Sojak; accumulation; plant organs; concentration; averages values.