

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ КАРЬЕРОВ

Бадмаева З. Б.<sup>1</sup>, Сангаджиева Л. Х.<sup>1</sup>, Даваева Ц. Д.<sup>1</sup>, Колесник С. А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», г. Элиста, Россия (358000, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: [uni@kalmsu.ru](mailto:uni@kalmsu.ru))

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса», г. Шахты, Россия (346500, г. Шахты, ул. Шевченко, 147, e-mail: [mail@sssu.ru](mailto:mail@sssu.ru))

---

**Карьеры, возникающие после выемки полезных ископаемых для строительных целей, являются одной из часто встречаемых форм техногенного ландшафта. После выработки на карьерах начинаются процессы естественного зарастания, в ходе которого возникают фитоценозы, отличающиеся от окружающих естественных растительных сообществ. Техногенные поверхностные образования, сформированные на карьерах, подвержены засолению. В результате проведенных исследований выявлено, что флора нарушенных земель открытых разработок полезных ископаемых характеризуется более низким, в сравнении с естественной флорой, видовым разнообразием. Установлены закономерность и селективная способность растений карьеров к накоплению тяжелых металлов. Для биоремедиации почв предлагается использование видов дикорастущих травянистых растений, которые, наряду со значительным накоплением металлов, формируют большую фитомассу.**

---

Ключевые слова: растительный покров, тяжелые металлы, биологическое накопление элементов.

## STUDY OF TECHNICAL PARAMETERS OF SOIL AND PLANT OPEN-PITS

Badmaeva Z. B.<sup>1</sup>, Sangadzhieva L. K.<sup>1</sup>, Davaeva T. D.<sup>1</sup>, Kolesnik S. A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kalmyk State University, Russia, the Republic of Kalmykia, Elista, Pushkin Street, 11, e-mail: [uni@kalmsu.ru](mailto:uni@kalmsu.ru)

<sup>2</sup>South - Russian State University of Economics and Service, Ministry of Education, Russian Federation (346500 Rostov region, Shakhty, Shevchenko street, 147, Russia), e-mail: [mail@sssu.ru](mailto:mail@sssu.ru)

---

**Open-pits arising after of minerals for construction purposes are one of the most common forms of technogenic landscapes. After working out at sand-pits there begins a process of natural overgrowing when phytocenoses differing from surrounding natural vegetable communities arise. Technogenic surface formatting, which were formed on open-pit, are affected by salinity. As a result of the research it was revealed that the flora of violated grounds of minerals open-cast minings is characterized by a lower species diversity comparing with natural flora. Established pattern and selective ability of plants career accumulation of heavy metals. For the bioremediation of soils is proposed the use of wild species of herbaceous plants, which, along with a significant accumulation of metals, forming a large phytomass.**

---

Keywords: vegetable cover, heavy metals, biological accumulation of elements.

**Введение.** Геологическое развитие Республики Калмыкия предопределило формирование на территории полезных ископаемых, преимущественно относящихся к группе минерально-строительного сырья, добываемых открытым способом. Добыча полезных ископаемых открытым способом по характеру своего воздействия на окружающую среду является одним из наиболее масштабных и долговременных. Производственные процессы, обеспечивающие разработку карьеров, сопряжены с рядом негативных факторов техногенного характера [3,6] и требуют обеспечения безопасных условий труда. Кроме этого, техногенные потоки процессов открытой разработки месторождений являются основными источниками техногенного рассеивания тяжелых металлов. Поэтому проблемы рационального использования естественных, в том числе минерально-сырьевых, ресурсов в процессе их освоения в настоящее время приобретают особое значение. Однако вопросы,

касающиеся оценки изменения природных объектов при этом, остаются исследованными недостаточно. По ним имеются лишь фрагментарные данные, либо первоначальные количественные оценки. Это определяет необходимость комплексного изучения особенностей природных объектов: почв, растений и ландшафтов в целом, оказывающихся в сфере воздействия техногенных источников загрязнения. Цель исследования – дать экологическую оценку состояния почвенно-растительного покрова карьеров Республики Калмыкия. Для достижения обозначенной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить химический состав почвогрунтов карьеров;
- проанализировать содержание тяжелых металлов в почвогрунтах карьеров;
- определить биохимические характеристики растений зоны разработки карьеров;
- определить содержание тяжелых металлов в растениях зоны разработки карьеров;
- выявить виды растений – биотесты по содержанию тяжелых металлов, с последующим использованием их в рекультивации земель.

**Материал и методы исследования.** Исследование проводилось с 2007–2011 гг. Климат Калмыкии резко континентальный – лето жаркое и очень сухое, с температурой воздуха, часто доходящей до +44 °С, а зима довольно суровая, хотя и неустойчивая [1]. Земли Республики Калмыкия имеют целый ряд природных особенностей, делающих их особо уязвимыми по отношению к антропогенному воздействию. В качестве объектов исследования были использованы образцы почвогрунтов и растений, отобранные из разных мест и соответственно разной степени техногенного загрязнения четырех карьеров Республики Калмыкия: известняка-ракушечника (Зунда-Толга, Чолун-Хамур), песка – Аршанский и глиногипса – Ленинский.

Карьеры известняка Зунда-Толга и Чолун-Хамур расположены южнее г. Элиста, в 81 км. Они были разведаны в 1969 г. Эксплуатируется Чолун-Хамурское, Зунда-Толгинское – законсервировано. Аршанское месторождение силикатного песка расположено в 3,5 км к югу от г. Элисты. Месторождение разведано в 1964–1965 гг. Разработка старого карьера песка прекратилась в 1996 г., так как границы п. Аршан дошли до карьера. Разработка нового карьера началась в 2000 г. Ленинское месторождение глиногипса расположено в 20 км к северо-востоку от г. Элиста. Месторождение разведано в 1969–1970 гг., месторождение не эксплуатируется, однако ведется его не санкционированное использование местными жителями. В качестве фоновых концентраций химических элементов были взяты средневзвешенные концентрации в относительно стабильных природных компонентах, а именно в почве и растениях. Для каждого карьера были составлены краткие характеристики растительных сообществ. При описании сообществ на пробных площадках учитывали встречаемость и общее проективное покрытие (ОПП) слагающих сообщества растений. Был

определен химический состав растений карьеров по следующим химическим элементам и их соединениям: N, P, K, Ca, зола, протеин, клетчатка, жир. Всего было отобрано и проанализировано триста шестьдесят образцов. В них определяли одиннадцать тяжелых металлов в валовой форме: Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Cr, As, Hg, Ni, Pb, Cd методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии [4]. Такие макроэлементы, как N, P, K, были определены по общепринятым методикам [2].

**Результаты исследования и их обсуждение.** Для формирования фитоценозов наиболее значимы такие факторы, как свойства субстрата, а именно: первичное плодородие, наличие токсических веществ. Почвогрунты карьеров засолены и имеют хлоридный и карбонатно-хлоридный типы засоления. Очень сильное засоление выявлено в почвогрунтах карьера глиногипса. В отличие от зональных почв они бедны органическим веществом, подвижными формами питательных элементов, но для них характерно повышенное и высокое содержание нитратов, что отражено в таблице 1.

Таблица 1. Особенности химического состава почвогрунтов карьеров

Место отбора	Гумус, %	N-NO <sub>3</sub> , мг/кг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	K <sub>2</sub> O, мг/кг
Карьер известняка Зунда-Толга				
Край карьера	0,41±0,08	37,6±1,27	6,3±0,92	298,8±7,43
Дно карьера	0,13±0,01	44,5±2,06	7,4±1,17	302,5±7,50
Карьер известняка Чолун-Хамур				
Край карьера	0,31±0,14	98,0±0,00	3,6±0,69	305,0±18,03
Дно карьера	0,65±0,20	98,0±0,00	7,4±1,25	256,3±10,68
Фон*	1,10	4,6	16,0	350
Старый карьер песка Аршанский				
Вершина карьера	1,26±0,18	38,0±17,15	7,2±1,04	122,0±5,22
Склон карьера	0,53±0,12	7,6±1,03	6,1±1,26	123,0±4,78
Карьер глиногипса Ленинский				
Северная часть карьера	0,57±0,01	49,0±4,04	2,60±0,20	200,0±11,55
Южная часть карьера	0,50±0,02	38,0±1,15	3,13±0,07	158,3±4,41
Западная часть карьера	0,49±0,02	38,7±1,76	4,00±0,12	171,7±4,41
Восточная часть карьера	0,70±0,02	37,3±1,33	4,40±0,20	125,0±5,00
Фон**	1,50	3,9	9,0	360

\* – фоновая территория Ики-Бурульского р-на, \*\* – фоновая территория Целинного р-на.

Проведенные исследования позволили обнаружить в карьерах превышение фоновой концентрации Cd, Pb, Cr, однако оно не вызывает токсикоза у растений. В почвогрунтах карьеров известняка идет более активная аккумуляция тяжелых металлов, чем в карьерах песка и глиногипса. В карьерах песка Аршанский на содержание тяжелых металлов оказывает влияние длительность эксплуатации и возраст отвалов карьера. В старом карьере песка в сравнении с новым карьером наблюдается увеличение уровня тяжелых металлов. В старом

карьере имеется превышение предельно допустимой концентрации по Co (в 1,2 раза) и As (в 2,2 раза). В новом карьере превышения предельно допустимой концентрации по тяжелым металлам нет. Для карьеров известняка длительность эксплуатации на содержание тяжелых металлов не влияет, содержание их в карьерах Зунда-Толга (не действующий) и Чолун-Хамур (действующий) находится на одном уровне. Установлено превышение предельно допустимой концентрации для Cd и Co. В почвогрунтах карьера глиногипса Ленинский превышение предельно допустимой концентрации в 1,10 отмечено у Co. Численные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Среднее содержание тяжелых металлов в почвогрунтах карьеров РК, мг/кг воздушно-сухой почвы

Элемент	Фон*	ПДК (ОДК)	Карьеры				
			известняка		песка		глиногипса
			Зунда-Толга	Чолун-Хамур	Аршанский (старый)	Аршанский (новый)	Ленинский
Zn	46,6	110,0	34,50±1,32	41,80±4,72	20,00±2,17	6,20±0,65	9,90±1,24
Cu	16,5	55,0	13,32±0,56	12,60±1,90	9,90±1,07	2,50±0,73	3,40±0,49
Cd	0,45	1,00	1,19±0,07	0,98±0,07	0,33±0,03	0,08±0,02	0,58±0,06
Pb	12,5	32,0	16,96±0,88	16,40±0,69	7,80±0,62	2,80±0,36	8,90±0,33
Mn	332	1500	169,0±10,9	167,5±11,1	208,8±12,6	53,3±8,3	90,5±1,7
Co	10,9	5,0	10,55±0,23	10,90±0,28	5,80±0,62	1,63±0,54	5,05±0,43
Ni	29,0	85,0	26,40±0,96	22,30±0,76	18,90±1,98	5,30±1,01	3,90±0,70
Cr	18,7	100,0	34,60±2,09	30,70±2,34	19,40±1,93	8,90±1,45	41,50±4,93
As	7,55	2,00	не опр.	не опр.	4,31±0,26	1,57±0,42	0,29±0,09
Hg	0,012	2,100	не опр.	не опр.	0,006±0	0,008±0	0,013±0

\* – среднее по двум районам (Целинный, Ики-Бурульский)

Свойства субстрата являются определяющим фактором, от которого во многом зависят исходный состав пионерных сообществ, особенности начального этапа почвообразования. Нашими исследованиями установлено, что коренная растительность карьеров полностью уничтожена, а производная представлена сорно-пионерной группировкой на техногенных формах рельефа. Максимальное разнообразие сосудистых отмечено на песчаных и известняковых субстратах, где наряду со злаками многочисленны двудольные. На карьере глиногипса, напротив, отмечено небольшое число видов (галофиты).

Особенностью химического состава растений карьеров известняка является высокая зольность и накопление кальция в растениях. Высокая зольность отмечена и для растений глиногипса (см. рисунок): сарсазан шишковатый (*Halocnemum strobilaceum* Pall.) (30,6%), кермек Гмелина (*Limonium gmelinii* (Willd.) O. Kuntze) (19,8), полынь таврическая (*Artemisia taurica* Willd) (18,4), солерос европейский (*Salicornia europaea* L.) (14,3). Это можно

объяснить их видовыми особенностями, так как данные растения приспособлены к произрастанию на засоленных почвах. Особенности произрастания растений на известковых грунтах отражает накопление клетчатки. Все растения карьеров Зунда-Толга и Чолун-Хамур отличаются высоким содержанием клетчатки от 18 до 34,46 %.

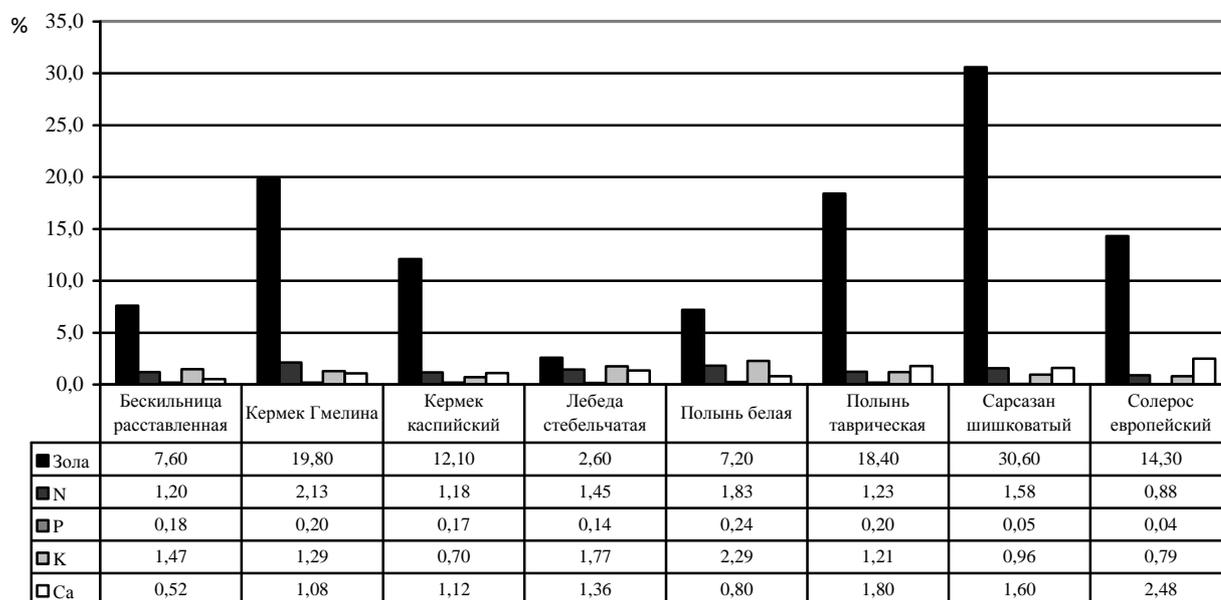


Рисунок. Химический состав растений карьера глиногипса

Растения карьеров наиболее активно накапливают Zn, Mn, Pb, Cd, в меньшей степени – Ni и Cu. Особенности загрязнения растений тяжелыми металлами в целом повторяет пространственную структуру и особенности загрязнения почвогрунтов рассматриваемых территорий. Полученные результаты исследований позволили выявить закономерности распределения тяжелых металлов в растениях карьеров и провести разделение растений по их устойчивости к накоплению тяжелых металлов в зависимости от принадлежности к различным семействам на три группы: способные накапливать тяжелые металлы: Маревые (*Chenopodiaceae*); Зонтичные (*Umbelliferae*); не накапливающие тяжелые металлы: Подорожниковые (*Plantaginaceae*); Бобовые (*Fabaceae*); Злаки (*Poaceae*); характеризующиеся широкой амплитудой накопления тяжелых металлов: Сложноцветные (*Asteraceae*); Крестоцветные (*Brassicaceae*).

Наряду с генетическим фактором, на микроэлементный состав растений определенное влияние оказывает и почвенная среда как экологический фактор. Для характеристики избирательного поглощения тяжелых металлов растениями были вычислены коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов растениями исследуемых карьеров. В соответствии с предложенной А. И. Перельманом (1975) классификацией [5], тяжелые

металлы можно отнести к трем группам: сильного биологического накопления (Zn, Mn), среднего биологического захвата (Pb, Cd, Ni, Cu) и слабого биологического захвата (Co).

Изученные растения карьеров были объединены в экологические группы: мезофиты, ксерофиты, галофиты и псаммофиты. В зависимости от местообитания содержание тяжелых металлов в растениях разных экологических групп различается. В карьере песка более устойчивые к загрязнению псаммофиты, в карьере известняка – мезофиты и ксерофиты. Галофитная группа выделяется среди других экологических групп по накоплению тяжелых металлов, содержание которых выше, чем у ксерофитов и мезофитов.

Результаты работы могут быть использованы при планировании оптимальных методов рекультивации отработанных и загрязненных территорий; комплексной экологической оценке техногенных территорий; мониторинге состояния природной среды, подвергающейся воздействию открытой разработки нерудных месторождений.

### **Выводы**

1. В почвах карьеров действуют механизмы, приводящие к трансформации техногенных потоков тяжелых металлов. Основными факторами процессов являются свойства почв и природа тяжелых металлов. В отличие от зональных почв они обеднены органическим веществом, подвижными формами питательных элементов и засолены.
2. В почвогрунтах карьеров известняка идет более активная аккумуляция тяжелых металлов, чем в карьерах песка и глиногипса. Превышение фоновой концентрации по Cd, Pb, Cr в 1,1–3,2 раза.
3. Наибольшее видовое разнообразие присуще техногенным местообитаниям карьеров песка и известняка, что определяется богатством местной флоры и характером субстрата. Флористическое разнообразие растительности техногенных местообитаний карьера глиногипса значительно ниже, что связано с эдафическими условиями (низкое содержание гумуса и фосфора, засоление).
4. Растения карьеров наиболее активно накапливали Zn, Mn, Pb, Cd, в меньшей степени – Ni и Cu. Особенности загрязнения растений тяжелыми металлами в целом повторяет пространственную структуру и специфичность почвогрунтов.
5. В зонах влияния карьеров целесообразно проведение рекультивации с использованием приемов фиторемедиации для снижения негативного воздействия на компоненты экосистем. Для предварительного очищения и стабилизации почв в качестве растений-аккумуляторов можно применять аборигенные виды: полынь австрийскую, дурнишник обыкновенный, кермек Гмелина и лебеду стебельчатую, с последующим их скашиванием и утилизацией.

### Список литературы

1. Агроклиматические ресурсы Калмыцкой АССР. – Л.: Гидрометеоздат, 1971. – 123 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 2-е изд. – 488 с.
3. Меркулова А. В. Исследование и разработка специальной антиэлектростатической одежды для защиты от пониженных температур: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.19.04 / Меркулова Алла Владимировна; Юж.-Рос. гос. ун-т экон. и сервиса. – Шахты, 2007. – 18 с.
4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. – М.: МСХ, 1992. – 54 с.
5. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1975. – 342 с.
6. Черунова И. В. Защитные свойства спецодежды в условиях нефтедобычи / И. В. Черунова, И. В. Куренова, Е. А. Щеникова, С. А. Колесник // Швейная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 32-33.

#### **Рецензенты:**

Черунова Ирина Викторовна, доктор технических наук, профессор, декан технологического факультета, ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса», Минобрнауки России, г. Шахты.

Алиева Наталья Зиновьевна, доктор философских наук, доцент, заведующий кафедрой «Физика», ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса», Минобрнауки России, г. Шахты.