

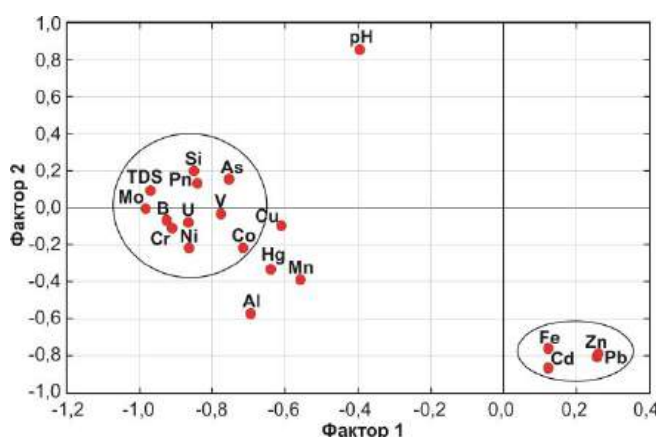


Рис. Факторный анализ микроэлементов, pH, Pn, t, TDS

элементов существенно повышаются в снеговых водах участков, расположенных в зонах влияния техногенных источников. В зимний период на обогащение снегового покрова элементами техногенного происхождения в большей степени влияет работа ТЭЦ. Негативным геоэкологическим следствием накопления загрязняющих веществ в снеговом покрове УХП является их миграция с сезонным поверхностным стоком талых вод, что наиболее опасно для р. Ангара.

преобладающих местных воздушных потоков. Зоны влияния выбросов крупных ТЭЦ, т.е. зоны (участки), где концентрации веществ достигают максимальных показателей в приземном слое атмосферы и наиболее активно осаждаются, в большинстве случаев имеют удаленность от источников не менее 1-2 км. Это подтверждают результаты настоящих исследований, определившие максимальные (Si, V, Cr, As, Mo, U) и повышенные (Mn, Co, B, Ni) концентрации элементов, имманентных золам используемых углей, в снеговых водах участка, расположенного в зоне влияния выбросов ТЭЦ (на удаленности около 1,2 км). Фактор 2 (доля 21 %) объединяет между собой элементы, которые повышены на наиболее удаленных от промышленных объектов участках – Zn, Cd, Fe и Pb, которые имеют обратную зависимость с pH.

Показано, что несмотря на низкий уровень среднесуточной пылевой нагрузки на промышленной территории концентрации ряда

Литература

1. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова [Текст] / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
2. Джумаян, Н.Р. Мацеральный и химический состав бурых углей Мугунского месторождения [Текст] / Н.Р. Джумаян, А.В. Наставкин // Химия твердого топлива. – 2019. – Т. 53. – № 4. – С. 3–8.
3. Ильенок, С.С. Металлоносные угли Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна [Текст] / С.С. Ильенок, С.И. Арбузов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – № 8. – С. 132–144.
4. Коваль, П.В. Ртуть в биогеохимическом цикле Братского водохранилища. Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Ч 4 [Текст] / П.В. Коваль, Е.В. Бутаков, Т.П. Виноградова. – М.: ИФЗ РАН, 2008. – Т. 4. – 206 с.
5. Оценка воздействия источника ртутного загрязнения на компоненты природной среды Приангарья [Текст] / П.В. Коваль, Е.А. Руш, Г.П. Королева, Ю.Н. Удодов, Л.Д. Андрулайтис // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2006. – Т. 2. – № 1. – С. 60–65.
6. Цветкова, Е. А. Оценка воздействия промышленных сточных вод на качество вод реки Ангара в период снижения техногенной нагрузки [Текст] / Е. А. Цветкова, В. И. Полетаева // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Киров, 2022. – С. 253–258.
7. Язиков, Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв [Текст]: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
8. Arbuzov, S.I. Geochemistry of radioactive elements (U, Th) in coal and peat of northern Asia (Siberia, Russian Far East, Kazakhstan, and Mongolia) [Text] / S.I. Arbuzov, A.V. Volostnov, L.P. Rikhvanov, A.M. Mezhibor, S.S. Ilenok // International Journal of Coal Geology. – 2011. – V. 86. – P. 318–328. DOI: 10.1016/j.coal.2011.03.005.
9. Kaolunovsky A.S. Factor analysis in environmental studies [Text] / A.S. Kaolunovsky // HAIT Journal of Science and Engineering B. – 2005. – V. 2. – P. 54–94.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Чаптаров Д.В.

Научный руководитель доцент С. В. Азарова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Загрязнение почвы ионами тяжелых металлов является одной из серьезных проблем, с которыми столкнулись во всем мире за последние несколько десятилетий в результате быстрой индустриализации, человеческой халатности и жадности. Ионы тяжелых металлов довольно токсичны даже при низкой концентрации, а также не поддаются биологическому разложению по своей природе [1].

При фиторемедиации определенные виды растений используются для поглощения, переноса и стабилизации металлических загрязнителей из почвы (рис. 1). Корни растений содержат определенные ферменты, которые накапливают металлы и металлоиды из почвы и откладывают их в растительной биомассе над почвой [2].

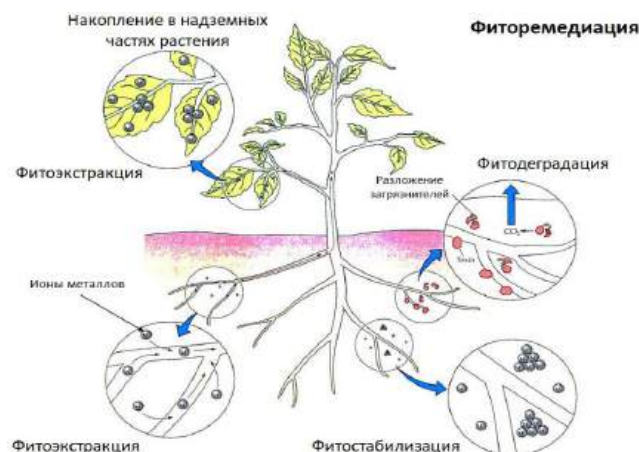


Рис. 1. Технологии фиторемедиации почвы

Фиторемедиация – медленный процесс, если у растения большие корни и побеги, то оно может легко накапливать большое количество ионов металлов из почвы [3]. Nwaichi et al. (2016) изучили, что некоторые растения называются гипераккумуляторами, которые собирают более 1000 мг/кг ионов Co, Pb, Cr, Ni, Cd и Co из загрязненных почв [2]. В последние несколько лет применяются многие растения и сельскохозяйственные/травянистые культуры, а именно: ива, тополь, пшеница, трава смилло, душица и зерновое сорго, соответственно, для удаления металла/металлоидов из почвы. Кроме того, фиторемедиация зависит от типов растений и загрязняющих веществ. Выделяют несколько категорий технологии фитоочистки почв: фитоэкстракция, фитодегградация, фитостимуляция, ризофльтрация, фитостабиллизация, фитолатилизация (рис. 1).

Целью данной работы является выявить эффективность выноса кадмия (Cd) из почвы методом фитоэкстракции, используя в качестве гипераккумулянта Горчицу белую (*Sinapis alba* L., 1753).

Объект исследования – серая лесная среднесуглинистая почва в качестве почвенного субстрата, искусственно загрязнённая кадмием. Для моделирования фона загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) в почву был внесен сульфат кадмия в количестве 1 мг/кг почвы (50 ПДК). Объем вегетационных сосудов составил 1,5 л, а масса почвы в каждом сосуде – 800 г. Исходное количество семян в каждом сосуде равнялось 10 штук, после появления всходов в каждом сосуде было оставлено по 3 растения. Внесение сульфата кадмия в почву осуществлялось в количестве 0,05 г на сосуд с 500 г почвы, исходя из предельно допустимой концентрации для суглинистых почв с pH, близким к нейтральному, которая составляет 2 мг/кг почвы.

В ходе работы были получены данные о влиянии загрязнения на морфологические показатели и количество выноса Cd гипераккумулянтом из почвы. Как видно на рисунке 2, высота растений в контрольной группе, где использовалась чистая почва, составляет 34 см. В варианте с фоном Cd высота растений снизилась до 30 см. Средняя зеленая масса растений в контрольной группе составляет 88 г, в то время как в варианте с Cd она снижается до 77 г. Также в контрольной группе наблюдается среднее количество листьев на растение, составляющее 11,2 шт. В группе с Cd количество листьев снижается до 10,7 шт. Это свидетельствует о негативном влиянии кадмия на эти морфометрические параметры. При этом диаметр стебля остается постоянным в обеих контрольных группах и составляет 40 мм: это говорит о том, что кадмий не оказывает значительного влияния на толщину стебля растений.

В фоне с Cd содержание кадмия в растениях составляет 37,3 мкг/г, в то время как в контрольной группе его содержание минимально – 0,45 мкг/г. Это подтверждает, что загрязнение почвы кадмием приводит к его аккумуляции в растениях. Содержание кадмия в образцах растений определяли методом определения элементного состава образцов растительного происхождения (размельченной предварительно высушенной биомассой) атомно-эмиссионным и масс-спектральными методами анализа.

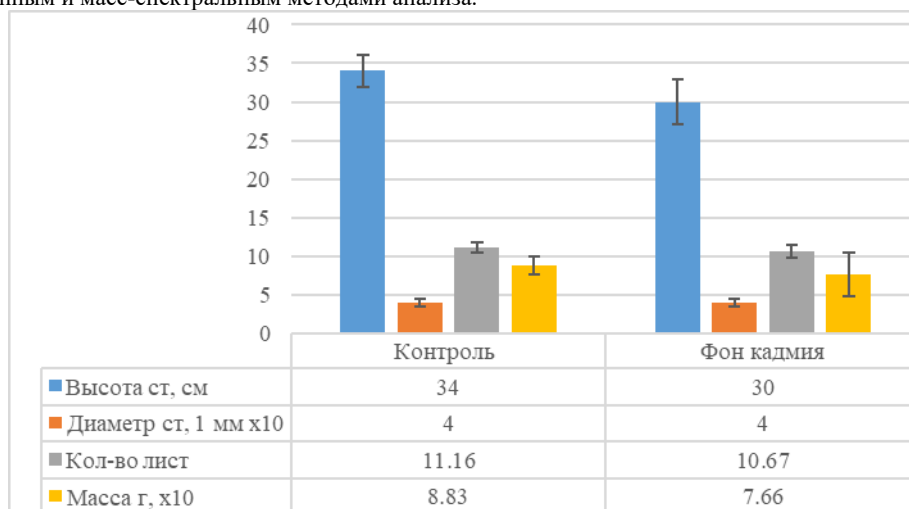


Рис. 2. Влияние кадмия на морфологические показатели

Таблица

Вынос кадмия Горчицей белой

Вариант опыта	Зеленая масса 1-го растения, г	Содержание кадмия в зеленой массе, мкг/г	Вынос кадмия мкг/растение (в среднем)
Контроль	0,88 ± 1,18	0,45	0,40
Фон с Cd	0,77 ± 2,80	37,30	28,70

Примечание: доверительные интервалы представлены на уровне доверия 95 %; Δх, % представляет процентное изменение по сравнению с контрольным значением

По полученным результатам лабораторного модельного эксперимента можно сделать вывод от том, что загрязнение почвы кадмием оказало негативное влияние на морфометрические параметры горчицы, наиболее чувствительными параметрами оказались: длина стебля, количество листьев, а также биомасса растения. Наименее чувствительными параметрами являются диаметр стебля и площадь листовых пластинок. Горчица белая является эффективным гипераккумулятором кадмия: содержание кадмия в биомассе растений, культивируемых на почве с 50-кратным превышением ПДК по сульфату кадмия, превысило аналогичный показатель в контроле (в растениях на чистой почве) в 80-100 раз.

Литература

1. Dumbrava, A. Contributions on enhancing the copper uptake by using natural chelators, with applications in soil phytoremediation. / Dumbrava, A., Birghila, S., Munteanu, M. // International Journal of Environmental Science and Technology. – 2015. – Vol. 12. – pp. 929-938. DOI:10.1007/s13762-013-0467-x
2. Kumar, V., Rout, C., Singh, J. A review on the clean-up technologies for heavy metal ions contaminated soil samples. / Kumar, V., Rout, C., Singh, J. // Heliyon. – 2023. – Vol. 9, Issue 5. DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e15472
3. Nwaichi, E.O. Heavy metals contaminated environments and the road map with phytoremediation. / Nwaichi, E.O., Dhankeher, O.P. // Journal of Environmental Protection. – 2016. – Vol. 7, pp. 41-51. DOI:10.4236/jep.2016.71004

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ ПРИРОДЫ КОТХСКОГО ХРЕБТА (КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)

Читадзе К.С., Толоконникова З.А.

Научный руководитель профессор З.А. Толоконникова
Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

Описание объектов геологического наследия (ОГН) необходимо для понимания их информационной ценности и геотуристической значимости. Актуальность возрастает в случае расположения объектов в пределах интенсивно посещаемых курортов. Целью настоящей работы является рассмотрение геологических особенностей скальных образований в пределах хребта Котх и их геоконсервационная оценка.

Хребет Котх (рис. 1) относится к северо-западной части Кавказских гор, возникших в результате коллизии Скифской платформы и Черноморско-Закавказской микроплиты [1]. Согласно структурно-фациальному районированию Котх приурочен к альпийской Абино-Гунайской складчатой зоне (поздний мел-палеоцен) [2]. На протяжении кайнозоя земная кора подвергалась тектоническим деформациям (подвигам, сдвигам, сжатием). Сочетание геодинамического фактора с избирательной денудацией, усиленной гумидным климатом, обилием постоянных и временных водотоков способствовало образованию останцов, выделяющихся среди пышной растительности.

Полевое исследование наиболее крупной скалы Зеркало было проведено осенью 2023 года. Обнажение располагается в борту ручья Мальцева (44°36'08.18" N, 39°06'53.98" E). Это линейное сооружение относительной высотой до 12 метров и видимой протяженностью 30 метров, ориентированное с юго-запада на северо-восток (рис. 2А). Современное преобразование связано с деятельностью поверхностных вод: а) у подножия протекает ручей (местами с подземным стоком); б) поверхность скалы относительно гладкая за счет стекания воды с гребня. Последний факт очевидно дал название описываемому объекту, увлажненная поверхность которого блестит в солнечную погоду. Скала сложена серовато-желтоватым песчаником кварцево-глауконитового состава, среднезернистым с массивной текстурой, глинистым цементом, слабо ожеженным. Песчаник мягкий, крепость пять, легко разрушается в результате физического выветривания и антропогенного фактора (рис. 2Б). У основания южной части скалы виден слой чередующихся темно-серых плотных алевролитов и крепких песчаников общей мощностью 50 см (рис. 2Б). В стенке обнажения и осыпи изредка встречаются темно-бурые округлые ожеженные конкреции диаметром 30-50 см. Осадочные отложения датируются танемским веком палеоцена (палеоген). Их образование соотносится с псекупской подсвитой свиты Горячего Ключа по региональной стратиграфической схеме.

Официальный статус регионального памятника природы скалы Зеркало получила в 2021 г. [3], паспорт не разработан. По методике [4] геоконсервационное описание памятника следующее: ведущий тип геоморфологический, естественное происхождение, линейный по проявлению в пространстве, сохраняющийся в естественном состоянии. Относится к категории «объект-объект» по динамическому состоянию. Объект легкодоступен в течение всего года (2 км по тропе до города-курорта Горячий Ключ, 4 км до федеральной трассы «Дон»). В настоящее время активно используется как объект пешего туризма. На склонах и у подножия хребта Котх