

По итогам всех итераций факторного анализа и его интерпретации будут выделены ряд информативных ассоциаций элементов, маркирующих определенные виды антропогенных воздействий или развития явлений, они будут классифицированы, приведены в единую размерность и отображены в картографическом виде.

На данный момент расчеты и их интерпретация еще не завершены, однако полученные результаты позволяют считать задачу создания нескольких интегральных карт достижимой с использованием описанного метода. Таким образом в ближайшем будущем планируется создать веб-картографический ресурс, отражающий некоторые результаты исследований ученых ИГХ СО РАН в виде легко интерпретируемых карт по ГИС-технологии, аналогичной уже имеющимся веб-картографическим ресурсам [2]. За счет применения метаданных, описывающих состав и основные результаты работ в конкретном районе и контакты авторов работ, при необходимости специалисты других учреждений смогут без труда установить научные контакты.

#### Литература

1. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья // Новосибирск: ГЕО, 2008, 234 с.
2. Михалев А.О., Байгускарова А.Д., Кавандина Е.В., Матыцин В.В. Принципы и ГИС-технологии организации системы радиоэкологических исследований территории г. Иркутска в рамках научно-исследовательских работ студентов // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7-2. С. 38-40.
3. Паршин А.В., Демина О.И. Интегральные геохимические индикаторы в основе математико-картографического обеспечения экспертных геохимических географических информационных систем // Проблемы недропользования. 2014. № 2. С. 53-59.
4. Паршин А.В., Спиридонов А.М. Методические и технические решения геолого-геохимических ГИС для обеспечения комплексных научных исследований золоторудных объектов // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2014, № 3-2, с. 65-69.
5. Паршин А.В., Шестаков С.А., Чудненко К.В., Савельев Е.П. Критерии оценки геоэкологического состояния вод оз. Байкал // Вода: химия и экология. 2013. № 9 (63). С. 24-31.
6. Филимонова Л.М., Паршин А.В., Бычинский В.А. Оценка загрязнения атмосферы в районе алюминиевого производства методом геохимической съемки снежного покрова // Метеорология и гидрология. 2015. № 10. С. 75-84.
7. Auzina L.I., Parshin A.V. 2016 System - integrated GIS-based approach to estimating hydrogeological conditions of oil-and-gas fields in Eastern Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science vol. 5

### ФИТОРЕМЕДИАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПОЧВ ОТ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. Ю. Мишанькин

Научный руководитель доцент А.Н. Третьяков

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

В настоящее время серьезной экологической проблемой является разного рода загрязнение почвенного покрова. Почва, которая является одной из депонирующих сред, активно накапливает в себе антропогенные токсиканты, в число которых входят и радиоактивные элементы, такие как уран, цезий-137, стронций-90 и другие.

Необходимо отметить, что реабилитация почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению, является довольно дорогостоящим и трудоёмким процессом. Кроме того, восстановленный почвенный покров зачастую лишается плодородия, что имеет особенно негативные последствия в районах с развитым растениеводством [2].

Перспективной технологией в области очистки почв от радиоактивного загрязнения является фиторемедиация, которая представляет собой технологию удаления токсичных соединений из почвы, грунтовых вод и водоёмов при помощи почвенных микроорганизмов и растений. Особенно эффективными следует считать фиторемедиационные технологии при оздоровлении почв на больших территориях, когда из почвы постепенно удаляются токсичные соединения путём их усвоения как растениями, так и микроорганизмами.

Важной особенностью фиторемедиации является сохранение первоначальной целостности почвенной структуры и естественного состава ризосферных микроорганизмов.

Существует некоторая специфика детоксикационных возможностей растений и микроорганизмов, совместное действие которых довольно часто носит симбиотический характер. В обоих случаях органические токсиканты усваиваются и ассимилируются, т. е. подвергаются окислительной деградации, причём в этом процессе микроорганизмы ввиду их быстрого роста, саморегулируемых адаптационных и индуктивных процессов, а также большого спектра генетической информации следует признать более активными «детоксикационными» агентами, чем растения. В случае с неорганическими токсикантами, которые после проникновения в организм не подвергаются метаболическим превращениям, складывается другая картина. В ряде случаев микроорганизмы разных таксономических групп способны аккумулировать внутри клетки высокие концентрации токсичных элементов, которые в результате лизиса (разрушения клеток при воздействии гидролитических ферментов) клеточных стенок вновь оказываются в почве, что в конечном итоге не способствует её ремедиации.

Однолетние и многолетние растения довольно часто обладают способностью усваивать вместе с питательными компонентами токсичные вещества (тяжёлые металлы, радиоактивные элементы), которые из почвы транспортируются в надземные органы, что приводит к очистке почвенного покрова от загрязнения.

Растения для фиторемедиации отбираются экспериментальным путём, с учётом особенностей как самих растений, так и почвенного участка, который подлежит реабилитации. Некоторые растения-гипераккумуляторы тяжёлых металлов приведены в таблице 1 [1].

Таблица 1

*Растения, используемые для фитоэкстракции тяжёлых металлов [1]*

Растение	Тяжёлый металл
Brassica juncea	Pb, Cr (VI), Cd, Zn, Ni, Cu, Se, B
Medicago sativa	Pb, Zn, Ni, Hg
Thlaspi caerulescens	Ni, Zn
Festuca arundinacea Alta Populus	As, Cd
Hibiscus cannabinus	Se

Существует несколько разновидностей фиторемедиационных технологий. Среди них выделяются ризофильтрация (адсорбция и последующий транспорт токсикантов корнями растений), ризодеградация (полная или частичная деградация токсичных соединений в области корневой системы растений до их проникновения в растение), фитодegradация (ферментативная деградация органических токсикантов путём характерных для растительных клеток метаболических превращений, а также удаление из почвы токсикантов неорганического происхождения). Необходимо упомянуть и о такой фиторемедиационной технологии, как фитоволатализация. Её суть заключается в способности растений поглощать вредные вещества из почвы с последующим выделением в воздух этих веществ.

В данной научной работе в качестве растения-гипераккумулятора радиоактивных элементов использовалась горчица белая (*Sinapis alba*) - однолетнее масличное растение из семейства капустных (красноцветных), отличающееся коротким вегетационным периодом (45 - 60 дней до массового цветения и 80 - 90 дней до полного созревания) [1].

Выбор данного растения сделан на основании изучения литературных источников, а также вследствие широкоизвестных фиторемедиационных способностей горчицы белой.

На первой стадии исследований было выяснено, что горчица белая действительно обладает способностью аккумуляции радиоактивных веществ. В ходе исследования использовался садовый (рассадный) почвогрунт. В качестве радиоактивного загрязнителя почвы использовался раствор урана-238, с концентрацией урана 4,1 мг/л. Горчица была посажена в трёх ёмкостях с обыкновенным почвогрунтом (фон), почвогрунт в других трёх ёмкостях перед посадкой семян был пропитан урановым раствором.

После достаточного укоренения и появления зелёной массы были выполнены анализы почвогрунтов и золы растений, обработка данных и сравнение с фоновыми значениями. Результаты анализов показали интенсивное накопление урана растительной массой, вследствие чего количество этого элемента в почвогрунте значительно снизилось. Таким образом, горчица белая выступила в роли эффективного растения-фиторемедиатора радиоактивных веществ (в данном случае – урана-238).

На второй стадии исследований задачей являлось определение порога токсичности (выявление предельных концентраций радиоактивных веществ в почве, при которых растение погибает, т. е. летальной дозы), а также оценка степени всхожести растений при разных концентрациях радиоактивного элемента в почве. Также вниманию подвергался характер роста растений.

Для выявления порога токсичности и оценки всхожести предварительно было приготовлено 20 ёмкостей с 100 г садового почвогрунта в каждой. Приготовленные ёмкости с почвогрунтом были разделены на 4 группы по 5 ёмкостей, с концентрацией радиоактивного загрязнителя (урана-238) 1, 5, 10 и 15 мг/кг. В каждой ёмкости было посажено 10 семян горчицы белой. Радиоактивным загрязнителем почвы являлась урановая руда, в отличие от первого этапа исследований, когда использовался раствор урана.

Спустя две недели после посадки семян была оценена всхожесть горчицы белой. Данные о всхожести семян приведены в таблице 2.

Таблица 2

*Всхожесть семян горчицы белой при разных концентрациях урана в почвогрунте*

Концентрация урана в почвогрунте, мг/кг	Количество всходов (из 50), шт.	Процент всхожести, %
1	33	66
5	32	64
10	33	66
15	34	68
среднее значение	34	67

Данные, приведённые в таблице 2, свидетельствуют о том, что порог токсичности не был достигнут. Всхожесть семян при концентрациях урана от 1 до 15 мг/кг довольно высокая.

После удаления (выдёргивания) горчицы был произведён анализ почвогрунтов для определения концентрации урана-238, с целью оценки фиторемедиационной эффективности растений.

Подготовка проб к анализу заключалась в просушивании почвогрунта (при температуре около 100 °С) и приготовлении вытяжки, состоящей из 5 г почвогрунта и 50 мл 1 % раствора азотной кислоты (вытяжка готовилась для почвогрунтов из каждой ёмкости отдельно). Получившаяся вытяжка перемешивалась на шейкере в течение нескольких часов, затем фильтровалась (использовались бумажные фильтры).

Для непосредственного анализа готовились пробы, состоящие из 0,5 мг полисиликата натрия, 0,5 мг отфильтрованной почвенной вытяжки и 5 мг воды каждая.

Анализ проводился на спектрофлуориметре флюорат-02 (спектрофлуориметрический метод).

Результаты анализов почвогрунтов на содержание урана-238 приведены в таблице 3.

Таблица 3

*Результаты анализов почвогрунтов на содержание урана-238 после выдёргивания горчицы белой*

	Первоначальная концентрация урана-238 в почвогрунте, мг/кг			
	1	5	10	15
Усреднённые концентрации урана-238 в почвогрунтах после выдёргивания горчицы белой, мкг/кг	29,97	41,48	42,83	50,89

Результаты анализов являются подтверждением наличия у горчицы белой способности к аккумуляции радиоактивных веществ. Наблюдается стабильное накопление урана-238 растительной массой.

В связи с тем, что порог токсичности для растений не был обнаружен, возникает необходимость дальнейшего изучения данного вопроса, что подразумевает увеличение концентраций урана-238 в почвогрунтах. Кроме того, предполагается детальное исследование фиторемедиационных характеристик горчицы белой.

#### Литература

1. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях / Под ред. Г. И. Квеситадзе. – М.: Наука, 2005. – 199 с.
2. Трофимов Н. А. Биоремедиация загрязнённых экосистем // Наука за рубежом. - 2013. – №. 25. – С. 6–7.

### ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ КОМПОНЕНТОВ МОДЕЛЬНОГО БУРОВОГО РАСТВОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОРОСЛЕЙ *CHLORELLA VULGARIS BEIJER*

**А.С. Мишунина**

Научный руководитель доцент С.В. Азарова

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

Буровые растворы готовые и отработанные – это химическая продукция. Для их получения используется широкий ассортимент различных материалов, химических реагентов и добавок. В США выпускается свыше 1900 наименований различных компонентов производством которых занимается около 100 фирм. Попадание буровых растворов и промывочных жидкостей, как и другой химической продукции в окружающую среду опасно, не смотря на самоочищающую способность последней. Производственная деятельность, связанная с буровыми растворами по данным ряда авторов [2, 3] отрицательно воздействует на окружающую среду.

Чтобы оценить токсичность тех или иных промышленных реагентов важно пользоваться методиками, одобренными Федеральной службой по надзору в сфере природопользования. Методика токсикологического метода анализа на *Chlorellavulgarisbeijer* одобрена для целей государственного экологического контроля. Данная методика может применяться для сертификации буровых растворов в совокупности с другими тест-объектами и сравнительной оценки токсичности буровых растворов, определения класса опасности.

Актуальность работы заключается в определении токсичности неотъемлемого элемента нефтяной промышленности – бурового раствора, который после цикла работы в скважине отводится в шламонакопитель. Амбары подлежат рекультивации, но токсичность веществ сохраняется, если не обезврежена бактериальными препаратами или барьерным способом (гидроизоляция по периметру) для нераспространения по всем средам природы.

Согласно методике определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов производства и потребления по изменению оптической плотности культуры водоросли *Chlorellavulgarisbeijer* был произведен ряд экспериментов по определению токсичности качества жидких водяных проб буровых растворов.

Измерение оптической плотности суспензии водоросли позволяет оперативно контролировать изменение численности клеток в контрольном и опытном вариантах острого токсикологического эксперимента,