

УДК 504.53:631.42

**ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ТОКСИЧЕСКИХ ПОЧВ****<sup>1</sup>Бекузарова С.А., <sup>2</sup>Ханиева И.М., <sup>3</sup>Азубеков Л.Х.**<sup>1</sup>*Геофизический институт ВНЦ РАН, Горский ГАУ, Владикавказ, e-mail: cgi\_ras@mail.ru;*<sup>2</sup>*ФГБОУ «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»,  
Нальчик, e-mail: imhanieva@mail.ru;*<sup>3</sup>*Институт сельского хозяйства КБНЦ РАН, Нальчик, e-mail: kbniish2007@yandex.ru*

Вопрос использования травосмесей в фиторемедиации изучен слабо, поэтому мы предложили некоторые варианты новых видов растений, способных произрастать на загрязненных землях и при этом аккумулировать загрязнители надземной биомассой. В случае загрязнения почв тяжелыми металлами нами предлагается в первый год рекультивации использовать однолетние растения с большой биомассой, способной за первый год вывести из биологического круговорота до 50% загрязнителя. Изучая растения на токсических почвах, определяли их аккумулирующие способности и использовали их как фитомелиоранты. В нескольких опытах использовали растения-индикаторы: амарант, клевер, люцерну, вязель, стевию, амброзию, рыжик озимый в смеси с однолетним видом клевера и другие, которые при накоплении максимальной биомассы запахивали в почву в смеси с цеолитсодержащими глинами местного значения. Результаты опытов показали, что с помощью растений-индикаторов можно не только улучшить плодородие почв, но и значительно снизить количество тяжелых металлов, нефтепродуктов, радионуклидов, остаточные явления химических средств борьбы с сорной растительностью, болезнями и вредителями. Большое значение в снижении токсичности почв имели и органические отходы сельскохозяйственного производства: кукурузные кочерыжки, корзинки подсолнечника, отходы спиртового производства – послеспиртовая барда, а также лиственный опад, заделываемые в почву с биопрепаратами. Для активизации запахиваемой органической массы применяли парааминобензойную кислоту (ПАБК). Результаты опытов показали значительное снижение токсикантов в почве при использовании органических отходов и заашке растений в качестве зеленого удобрения в смеси с цеолитсодержащими глинами и биопрепаратами.

**Ключевые слова:** растения-аккумуляторы, биопрепараты, растительные отходы, органическое вещество, заашка растений

**PHYTOREMEDIATION OF TOXIC SOILS****<sup>1</sup>Bekuzarova S.A., <sup>2</sup>Khanieva I.M., <sup>3</sup>Azubekov L.Kh.**<sup>1</sup>*Geophysical Institute VNC RAS, Gorsky GAU, Vladikavkaz, e-mail: cgi\_ras@mail.ru;*<sup>2</sup>*Kabardino-Balkaria State Agrarian University V.M. Kokov», Nalchik, e-mail: kbgau.ru;*<sup>3</sup>*Institute of Agriculture, KBNTS RAS, Nalchik, e-mail: kbniish2007@yandex.ru*

The use of grass mixtures in phytoremediation is poorly studied, so we suggested some variants of new plant species that can grow on polluted lands and, at the same time, accumulate contaminants with aboveground biomass. In case of soil contamination with heavy metals, we propose to use annual plants with a large biomass in the first year of reclamation, capable of removing up to 50% of the pollutant from the biological cycle in the first year. Studying plants on toxic soils, they determined their accumulating abilities and used them as phytomeliorants. In several experiments we used indicator plants: amaranth, clover, alfalfa, Vasel, stevia, ragweed, winter bilberry mixed with one-year-old clover, and others that were plowed into the soil when accumulated with maximum biomass mixed with local zeolite clays. The results of the experiments showed that using indicator plants can not only improve soil fertility, but also significantly reduce the amount of heavy metals, petroleum products, radionuclides, residual chemical agents against weeds, diseases and pests. Organic waste of agricultural production was of great importance in reducing the toxicity of soils: corn stalks, sunflower baskets, alcohol production wastes – after-distillery bard, as well as leaf litter, embedded in the soil with biological products. Para-aminobenzoic acid (PABA) was used to activate the plowed organic mass. The results of the experiments showed a significant decrease in toxicants in the soil when using organic waste and plowing plants as a green fertilizer mixed with zeolite-containing clays and biopreparations.

**Keywords:** plants – accumulators, biological products, plant waste, organic matter, plant storage

В целях сохранения близкой к природной растительности, а также для растениеводческих и лесоводческих целей в условиях антропогенного загрязнения особое значение придается вопросу, насколько имеющиеся растения уже обладают устойчивостью к тяжелым металлам. Для проверки этого существует несколько способов, например, сравнительное измерение роста корней и метод сравнительной протоплазматки [1–3].

Воздействие на почву неодинаково в зависимости от источника загрязнения на плотно заселенной территории, которые обычно занимают удобные и выгодные местоположения. По этой причине очищение (восстановление) почв от избыточных масс поллютантов представляет весьма актуальную задачу. Ее практическое решение пока остается на стадии разработки. Одним из возможных путей решения этой задачи может быть фиторемедиация – очи-

щение почвенного покрова от загрязнения посредством культивирования растений, активно поглощающих загрязняющие вещества. Фиторемедиация является высокоэффективной технологией очистки от ряда органических веществ. Растения можно использовать для очистки твёрдых, жидких и воздушных субстратов [4–6]. Фиторемедиация загрязнённых почв и осадочных пород уже применяется для очистки военных полигонов (от металлов, органических поллютантов), сельскохозяйственных угодий (пестициды, металлы, селен), промышленных зон (органика, металлы, мышьяк), мест деревообработки (ПХБ). Фиторемедиации могут быть подвергнуты городские сточные воды, сточные воды сельского хозяйства и промышленности, грунтовые воды [5]. Для достижения максимальной эффективности очистки фиторемедиация может использоваться в сочетании с другими методами биоремедиации и небиологическими технологиями очистки. Например, наиболее загрязнённые части субстрата могут удаляться путем экскавации, после чего дальнейшая очистка может проводиться с помощью растений [7].

Цель исследований: подобрать травосмеси для конкретных климатических условий данных регионов с учетом способности отдельных культур накапливать загрязняющие вещества в наземной биомассе.

Таковыми растениями могут служить кукуруза, рыжик, горчица, салат, овес, ячмень, горох, фасоль, многолетние травы и другие. Так же они должны быть нетребовательны к почвенному плодородию (мезотрофы или олиготрофы) и способны к произрастанию в условиях сильного загрязнения. Основным критерием классификации предлагаемых травосмесей являлся способ нарушения или загрязнения земель.

#### Материалы и методы исследования

Наши исследования были направлены на реабилитацию загрязнённых почв с помощью растений, обладающих сорбционной способностью. Это растения амаранта, зернобобовые культуры (их пожнивные остатки), бобовые травы, амброзия, стевия, кукурузные кочерыжки, корзинки подсолнечника, масличные культуры (рыжик, гвизоция, крамбе и другие).

Вместе с растениями для рекомендации почв вносим цеолитсодержащие глины местного происхождения (гор и предгорий Северного Кавказа), а также биоудобрения, обеспечивающие восстановление нарушен-

ных земель. Опыты проводили на экспериментальных участках Горского ГАУ, Геофизического института и Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства Владикавказского научного центра РАН, Кабардино-Балкарского аграрного университета им. В.М. Кокова, Северо-Осетинского государственного университета, Юго-Осетинского государственного университета (г. Цхинвал), Комплексного научно-исследовательского института РАН (г. Грозный).

В другом опыте для снижения радиоактивности почв семена бобовых трав обволакивали смесью измельченных корзинок подсолнечника и кочерыжек кукурузы, глиной Аланит и мелассы в соотношении 1:1:10:1. На скошенном участке в конце вегетации, располагали слой опавших листьев древесных культур как органическое вещество, в смеси с аланитом в дозе 2–2,05 т/га [8, 9].

На загрязнённом радионуклидами участке (стронцием, цезием, торием), где радиация превышает более 1,2 микроЗивертах в час, высевали мелкосеменные многолетние бобовые травы с преимуществом клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) – 8 кг/га, люцерны изменчивой (*Medicago Sativa* L.) – 6 кг/га, козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam) – 6кг/га. Общая смесь бобовых трав составила 20 кг/га. Учитывая особенности клевера ползучего распространять корневые отпрыски по территории, покрывая участок уже в первый год жизни, увеличили норму посева этого вида травы как компонента с большей ассимиляционной поверхностью для сорбирования тяжелых металлов и радионуклидов.

Перед посевом семена бобовых трав обволакивали смесью измельченных кочерыжек и корзинок подсолнечника в равной пропорции по 5 кг/га каждого компонента. К ним добавляли 50 кг/га Аланита – цеолитсодержащую глину и в качестве вяжущего – мелассу – отход крахмалопаточного производства 5 кг/га [5].

Почвы исследуемых участков в основном представлены среднемощным тяжело-суглинистым выщелоченным черноземом, подстилаемым галечником с содержанием большого количества крупного песка в верхних горизонтах (8–14%). Данный тип почв обладает, как правило, большой влагоудерживающей способностью с достаточным содержанием гумуса и питательных веществ и обладает хорошими физическими свойствами. Местами на поверхность выходит галечник. Реакция почвенного рас-

твора выщелоченных черноземов колеблется от слабокислой до близко к нейтральной (рН солевой вытяжки 5,48–6,92)

Для осуществления многочисленных исследований широко использовали цеолитсодержащие глины с содержанием макро- и микроэлементов (табл. 1).

По химическому составу эти глины также различаются, что позволяет сдерживать миграцию токсических веществ, содержащихся на нарушенных горными работами участках. Содержащийся в глинах кремний (около 50%) обладает высокой сорбционной способностью, поглощая токсические вещества. Природные источники сырья содержат глинистые частицы в пределах 30–40%, крупнозернистые включения в пределах 2–15%. Сочетания этих глин позволяют не только снижать токсичность загрязненных веществ, но и скреплять их в агрегатное состояние за счет имеющихся в них вяжущих свойств. В большинстве случаев использовали глину Аланит со слабощелочной реакцией на почвах с кислой реакцией среды. Глина Аланит, имея высокое содержание кальция (37%) и щелочную реакцию (рН – 9,3), снижает на загрязненном участке кислотность почв.

Кукурузные кочерыжки – отход крахмалопаточного производства (в 1 т зерновой кукурузы содержится 200 кг стержней) имеют высокую растворимость, сорбционную способность, нейтральную реакцию среды (рН – 6,9–7,1), отсутствие смол, воска, полное отсутствие тяжелых металлов и комплекс микроэлементов. Все эти показатели характеризуют кукурузные кочерыжки как идеальные органические носители. Растворяясь в послеспиртовой барде, они обога-

щают ее комплексом питательных веществ для развития микрофлоры почвы и одновременно размягчаясь, что не требует их предварительного измельчения.

Кукурузные кочерыжки содержат 41,7% целлюлозы; 37,2% хемицеллюлозы; 8% лигнина; 0,08% жира; 1,75% протеина; БЭВ – 61,7%. При измельчении содержание протеина в кочерыжках повышается до 4,34 – 1%; БЭВ – 65,1% [8, 9].

Содержащиеся в аланите кальций обеспечивает снижение кислотности барды, нейтрализуя накладываемый аланитовый субстрат. Влажная среда барды и кочерыжек снижает количество пылевых частиц на загрязненных участках [9, 10].

Меласса – отход сахарного производства – содержит 20–25% воды, преимущественно амидов; 58–60% углеводов, главным образом сахара, и 7–10% золы. В данном объекте как связывающие смеси кукурузных кочерыжек, корзинок подсолнечника, аланита используется в количестве 5 кг/га.

На участке, заряженном радионуклидами (Sr, Cs и Th), площадью около 1 га в районе горнодобывающей промышленности (г. Тырнауз, КБР) готовили семена к посеву из расчета клевер ползучий – 8 кг/га, люцерна изменчивая – 6 кг/га, козлятник восточный – 6 кг/га. Измельчали кукурузные кочерыжки и корзинки подсолнечника по 5 кг/га каждого. К ним добавляли 50 кг/га аланита и 5 кг/га мелассы. Все ингредиенты смешивали и обволакивали семена в дражираторе, после чего высевали обычной зерновой сеялкой.

В фазу начала бутонизации зеленую массу в год посева скашивали и утилизировали в специально приготовленные траншеи для захоронения.

Таблица 1

Химический состав местных цеолитсодержащих глин, %

Химические вещества	Ирлит 1	Ирлит 7	Аланит	Лескенил	Диалбекулит	Тереклит
Кремний (SiO <sub>2</sub> )	40,2	52,6	51,7	50,8	46,4	56,4
Алюминий (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	16,2	28,1	16,05	1,1	18,1	19,4
Железо (Fe O)	1,06	4,27	5,5	4,6	5,2	5,5
Железо (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,23	2,18	2,18	2,18	2,62	1,68
Фосфор (P <sub>2</sub> O)	0,4	0,5	0,38	0,26	0,28	0,64
Кальций (CaO)	15,3	3,05	32,6	28,6	37,0	2,75
Магний (MgO)	1,82	1,71	0,8	1,4	1,6	1,6
Калий (K <sub>2</sub> O)	1,89	2,09	0,8	0,76	0,9	2,2
Натрий (NaO)	0,78	1,1	0,82	0,64	0,96	1,4
ph	6,9	3,0	9,3	8,6	9,1	7,1

Таблица 2

Снижение содержания тяжелых металлов на посевах кукурузы

Варианты опыта	Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг					
	Pb	Zn	Cu	Cd	Fe	P <sub>h</sub>
Контроль (без улучшения)	12,9	136,0	78,0	0,64	28,0	4,2
Нанесение слоя аланита	8,6	8,0	39,0	0,52	22,0	5,4
Кочерыжки кукурузные + спиртовая барда	5,6	39,0	21,0	0,34	16,0	5,9
Формирование гребней + слой аланита	2,1	14,0	13,6	0,22	9,6	6,2
Глина аланит + кукурузные кочерыжки + спиртовая барда + посев многолетних трав	0,2	8,0	9,2	0,01	4,5	6,8

В конце вегетации – осенью загрязненный участок покрывали слоем листового опада древесных культур, собранных с лесопарковых участков в количестве 1–2 т на гектар, которые смешивали 2–2,5 т аланита [9].

На загрязненном радионуклидами участке площадью 0,5 га весной высевали вязель пестрый в количестве 15 кг/га. В конце вегетации массу скашивали, сгребали, вывозили и утилизировали в специальных траншеях глубиной 60–70 см. Перед уходом в зиму (конец октября) на поверхность участка наносили измельченную глину Аланит – местного происхождения в дозе 4–5 т/га, разбрасывая равномерно на загрязненной территории слоем 4–5 см.

На следующий год в фазе бутонизации (1 укос) биомассу вязаля скашивали сенокосилкой, утилизировали. Перед уходом в зиму скошенный травостой вязаля покрывали слоем 2–3 см аланита из расчета 2–3 т/га.

На нефтезагрязненных почвах эффективным приемом ремедиации является использование парааминобензойной кислоты (ПАБК) в смеси с 0,2% водным раствором растения стевии и спустя 2–3 недели после полива высевали культуру амаранта [7, 8, 11].

Готовили рабочую жидкость ПАБК из расчета 100 г порошка на 10 л воды с температурой 80 °С. В горячую воду опускали листья стевии, в количестве 200 г. При отсутствии свежих листьев использовали препараты стевии, имеющиеся в любой аптеке. В этом случае применяли 20 мл раствора стевии на 10 л жидкости. Готовили одновременно раствор биопрепарата Байкал – ЭМ-1 из расчета 1 ч на 100 ч воды, то есть 100 г биопрепарата на 10 л воды. После остывания раствора ПАБК до 20–25 °С смешивали два раствора, сумма которых составила 20 л. Таким количеством раствора орошали участок загрязненной нефтью площадью 10 м<sup>2</sup>.

Изучали содержание тяжелых металлов (валовые формы в мг/кг) под каждой изуча-

емой культурой до посева, в период максимального развития и после запашки зеленой массы сидеральных культур.

### Результаты исследования и их обсуждение

Обогащенный органическими веществами значительно снижает токсичность и восстанавливает плодородный слой, пригодный для возделывания сельскохозяйственных культур. Причем восстановление загрязненных участков осуществляли на основе утилизированных отходов барды и кукурузных кочерыжек, смешивая их с местными природными цеолитсодержащими глинами. За счет добавления в аланитовый субстрат кукурузных кочерыжек улучшается аэрация участка и его фильтрация. Результаты опыта сведены в табл. 2.

Следовательно, природные цеолитсодержащие глины, смешанные с кукурузными кочерыжками, измельченными в послеспиртовой барде, позволяют реабилитировать нарушенные горными работами земли, снизить количество тяжелых металлов и кислотность почв (Ph) без особых затрат, с одновременной утилизацией продуктов растениеводства и спиртовой промышленности.

Сравнение сорбционных способностей различных растений в одинаковых фазах развития, но в разных экологических условиях позволяет выявить виды и культуры с максимальными биоиндикационными возможностями. Для количественного определения способности амброзии полыннолистной к накоплению тяжелых металлов в надземной массе, в сравнении с другими культурами, обладающими аналогичными сорбционными свойствами (клевером, люцерной, эспарцетом), проводились эксперименты на территории металлургического завода у автотрассы и на сельскохозяйственных угодьях. Из проведенных экспериментов выяснено, что амброзия

обладает максимальной аккумулирующей способностью накапливать тяжелые металлы. Учитывая особенность сосудистых растений концентрировать тяжелые металлы в начале вегетации в минимальном количестве с постепенным возрастанием их содержания к фазе цветения, биоиндикационную оценку нескольких видов растений проводили в разные фазы развития (стеблевания, бутонизации, цветения).

При заделке растительной массы в почву происходит процесс разложения и минерализации органических остатков при участии ферментов, выделяемых микроорганизмами. Кроме углерода, водорода, кислорода и азота – четырёх элементов, составляющих главную часть органического вещества почвы, растительные остатки содержат также кальций, магний, калий, серу, фосфор и другие неорганические элементы, которые освобождаются в процессе трансформации и могут быть вновь использованы растениями. Ещё одна форма биологического поглощения – это усвоение металлов отдельными микроорганизмами. Некоторые грибы и бактерии вырабатывают вещества, способствующие поглощению металлов клетками, что снижает их токсичность в почве. Немаловажное значение имеют элементы с высокой подвижностью и валовые формы, способные медленно разлагаться в почве. Подвижность тяжелых металлов зависит и от структуры почв, её химического состава, кислотности, влажности и ряда других показателей. Но при любых условиях органическое вещество при минерализации в почвенном растворе снижает количество тяжелых металлов.

Способ позволяет снизить токсичность почвы и повысить плодородие почвы. Результаты опытов сведены в табл. 3, в микро-Зивертах в час в среднем по трем элементам (стронций, цезий, торий)

Приведенные данные свидетельствуют, что за один год можно снизить уровень радиации до предельно допустимых концентраций (0,48 мкЗ/час), после всех агроприёмов уровень радиации снижается на 62,5%. Следовательно, предлагаемый агроприём позволяет снизить уровень радиации за счет утилизированных отходов растительности и цеолитсодержащей глины – аланит в год посева.

Рекомендации загрязненных почв могут осуществляться и с помощью посева растений вязаля пестрого – бобового компонента [12, 13].

Способ осуществляется следующим образом. Вязель пестрый, в отличие от известной вики и других бобовых, высеваемых на радионуклидных загрязненных почвах, имеет корнеотпрысковую систему и размножается как семенами, так и вегетативно (корнеотпрысками), покрывая весь участок отросшими стеблями и тем самым сохраняя почву от испарения с одновременным уничтожением сорной растительности. Высокая облиственность растений (более 60% от общей надземной массы) и множество корневых ответвлений позволяют ассимилировать значительное количество радиоактивных веществ из почвы и воздуха. В год посева количество сорбированных радионуклидов составляет около 30%.

**Таблица 3**

Ремедиация почв, загрязненных радиоактивными элементами

Вариант опыта	В начале бутонизации	После скашивания и утилизации	В конце вегетации 1-го года	На второй год жизни	% снижения радиации
До посева трав (контроль)	1,82	1,66	1,42	1,28	–
Посев многолетних трав	1,64	1,48	1,36	1,16	9,1
Посев многолетних бобовых трав + обволакивание семян	1,46	1,32	1,26	1,14	11,0
Посев многолетних бобовых трав + обволакивание семян + аланит	0,92	0,84	0,78	0,72	43,8
Утилизация зеленой массы в начале бутонизации	0,78	0,64	0,62	0,58	54,7
Расположение органических отходов листьев + аланит	0,66	0,58	0,52	0,48	62,5

Скошенную массу в конце вегетации удаляли с участка и утилизировали, после чего его покрывали слоем местной цеолитсодержащей глины аланит, содержащей более 30% кальция, а также микроэлементы, железо, магний, кремний, алюминий и другие. Реакция среды аланита (рН) составляет 9,3. Кроме сорбции участок обогащается питательными веществами глины аланит и биологическим азотом растений вязеля. Высеваемые растения вязеля, покрываемые аланитом, повышают свою зимостойкость за счет внесенных на поверхность глины, после их укоса. На следующий год (2-й год жизни) растения вязеля развивают мощную надземную массу до 50 т/га, ассимилируют до 50% нуклеотидов, находящихся в почве. В фазу максимального развития (фаза бутонизации) массу скашивали, не допуская фазы цветения, так как вязель – насекомоопыляемая культура и может с помощью энтомофауны переносить зараженную пыльцу радионуклидами на другие участки (в частности, пчелы могут перенести часть радиоактивных веществ в мед). Скошенную массу, вновь утилизировали, и в конце вегетации, перед уходом в зиму, участок покрывали слоем аланита в пределах 4–5 см. В первый год жизни растений содержание радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  сокращается за счет сорбционной способности культуры вязеля и покрытия ее слоем цеолитсодержащей глины от 0,72 до предельно допустимых концентраций 0,42 мкЗ/час, на второй год с 0,61 до 0,38 мкЗв/ч и на третий год от 0,42 до 0,24 мкЗ/час. У цезия ( $^{137}\text{Cs}$ ) отмечено снижение радиации от 0,84 до 0,72 мкЗ/час, в первый год, а во втором году – до предельно допустимых концентраций (табл. 4).

Зараженную нефтью почву орошают раствором ПАБК (парааминобензойной кислотой) в концентрации 0,1–0,2%.

ПАБК известна как репароген, считается генетически значимым соединением,

стимулирующим восстановительные процессы в клетках. Участвует в синтезе фолиевой кислоты, нормализует обмен в соединительной ткани. В данном техническом решении стабилизируется и восстанавливается поврежденная микрофлора почвы с помощью воздействия ПАБК на микрофлору.

ПАБК – витамин Н – бесцветное кристаллическое вещество, которое применяют в качестве ростового фактора микроорганизмов. Соединяясь с ферментами, она повышает энергию ферментативного катализа на определенных этапах онтогенеза, тем самым сообщает генотипу дополнительную сопротивляемость, пластичность и продуктивность.

Оживить землю, восстановить ее плодородный слой (гумус) можно с помощью биокомпостов, содержащих в себе симбиотическую ассоциацию микроорганизмов (Байкал – ЭМ-1). Использование технологий «живых систем» в интересах устойчивой хозяйственной деятельности человека позволяет не только решать проблемы, связанные с восстановлением естественного плодородия почв. Эффективные микроорганизмы биопрепарата Байкал – ЭМ-1, содержащей более 80 различных микроорганизмов, представляют устойчивое сообщество физиологически совместимых и взаимодополняющих полезных микроорганизмов, отвечающих за процессы регенерации, дающих силу жизни.

Микробиологическое удобрение Байкал – ЭМ-1 – водный раствор, состоящий из консорциума молочнокислых и фотосинтезирующих бактерий, способных фиксировать атмосферный азот, дрожжей, биологически активных продуктов жизнедеятельности организмов.

Принципиальное отличие препарата Байкал – ЭМ-1 от других микробиологических препаратов состоит в его многокомпонентности, без вредности для человека, животных и всей микрофлоры почвы.

Таблица 4

## Фиторемедиация радиоактивных земель

Варианты опыта	Содержание в мкЗв/час					
	Стронций $^{90}\text{Sr}$			Цезий $^{137}\text{Cs}$		
	1 год	2 год	3 год	1 год	2 год	3 год
Вязель пестрый (без аланита)	0,72	0,61	0,42	0,84	0,78	0,62
Вязель пестрый. 1 укос + аланит	0,66	0,56	0,36	0,72	0,62	0,50
Вязель пестрый. 2 укос + аланит (на второй год жизни)	–	0,46	0,32	–	0,59	0,46
Вязель пестрый + аланит после 2 укосов (2-го года жизни)	–	0,38	0,24	–	0,45	0,32
Процент снижения от показателя без аланита	8,4	38,0	42,8	21,0	42,4	48,4

Таблица 5

Ремедиация нефтезагрязненных земель

Варианты опытов	Концентрация нефти, г/кг	Снижение нефти, %	Углеводороды мг/кг
Контроль (без орошения)	66,4	–	2680
Полив водным раствором ПАБК, 0,1–0,2%	57,0	14,2	1812
Полив водным раствором Байкал – ЭМ-1 (без стевии)	48,2	27,5	1620
Полив ПАБК + стевия + Байкал – ЭМ-1	36,8	44,1	860
Посев амаранта с поливом в фазу ветвления	42,5	36,0	1180
Предлагаемое	24,8	62,7	362

Использование этого биопрепарата позволяет решить проблемы, связанные с естественным плодородием почв, предотвращение загрязнения окружающей среды Байкал – ЭМ-1 обеспечивает водо- и воздухопроницаемость почвы до глубины 60–80 см.

Благодаря внесению в токсичную почву этого биопрепарата в несколько раз ускоряются процессы гумусообразования в течение 2–3 недель.

Обычно для стимуляции микроорганизмов в раствор добавляют сладости: варенье, мед, сахар. В отличие от известных приемов в предлагаемом объекте используют растения стевии (*Stevia rebaudiana*), как сахарозаменитель растительного происхождения. Листья стевии в 10–15 раз слаще сахара. В стевии содержится много антиоксидантов – кверцетин, рутин, минеральных веществ – кальций, фосфор, калий, цинк, хром, магний, селен, медь, а также витамины группы А, В, С, Е. Кроме этого содержащиеся 53 активных вещества (в том числе стевииозид) способствуют возрождению и активности микроорганизмов.

Такая смесь с помощью ПАБК подслащенного стевией усиливает активизацию микроорганизмов Байкал – ЭМ-1 и в течение 2–3 недель значительно снижается количество углеводородов нефти в почве. Параметры способа (2–3 недели) объясняются действием активизации микроорганизмов в почве с помощью введенных биопрепаратов, растворенных в ПАБК в смеси с подслащением растений стевии. Это ускоряет процесс гумусообразования.

После улучшения плодородия высевают культуру амаранта, устойчивую к токсичности почвы и обладающую высокими сорбционными свойствами поглощать тяжелые металлы.

В фазе ветвления для стимуляции роста амаранта осуществляют повторный полив в такой же концентрации, который обеспе-

чивает одновременно и очистку от нефтепродуктов (табл. 5).

Анализируя полученные данные, приведенные в таблице, можно заключить, что орошение нефтезагрязненных почв парааминобензойной кислотой в смеси с растительными веществами стевии и биопрепарата Байкал – ЭМ-1 позволяет значительно снизить содержание нефти углеводородов в почве.

**Заключение**

Результаты приведенных данных свидетельствуют о том, что за счет сорбционных свойств вязеля пестрого и цеолитсодержащих глин Аланит местного происхождения можно снизить загрязненность почвы радионуклидами в 2–3 раза.

Реабилитация нефтезагрязненных земель осуществляется за счет посева растений амаранта, цеолитсодержащей глины аланит с последующим высевом бобово-злаковой смеси и их запашкой в фазе цветения.

На нефтезагрязненных почвах эффективным приемом ремедиации является использование парааминобензойной кислоты (ПАБК) в смеси с 0,2% водным раствором растений стевии, и спустя 2–3 недели после полива высевают культуру амаранта.

Использование растительных отходов: кукурузных кочерыжек, корзинок подсолнечника и отходов спиртовой промышленности в смеси с цеолитсодержащими глинами – способствует снижению токсичности почв, снижает кислотность почв, восстанавливает плодородие почв.

**Список литературы / References**

1. Гукалов В.Н. Тяжелые металлы в системе агроландшафтов. Краснодар: Изд. КубГАУ, 2010. 345 с.
2. Волошин Е.И. Транслокация кадмия и свинца в почве и растениях // Химия в сельском хозяйстве. 1997. № 2. С. 34–35.
3. Voloshin E.I. Translocation of cadmium and lead in soil and plants // Chemistry in agriculture. 1997. № 2. P. 34–35 (in Russian).

3. Белоченко И.С. Экология Кубани. Краснодар, 2005. Ч. 2. 470 с.
- Belyuchenko I.S. Ecology of the Kuban. Krasnodar, 2005. Part 2. 470 p. (in Russian).
4. Вельц Н.Ю. Способ оценки загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Патент № 2257597. Опубликовано 27.07.2005 МПК G01V9/00, G01N33/48.
- Velts N.Yu. Method for assessing environmental pollution with heavy metals // Patent № 2257597. Published 27.07.2005 МПК G01V9 / 00, G01N33 / 48 (in Russian).
5. Заалишвили В.Б., Бекузарова С.А., Козаева О.П. Способ оценки загрязнения окружающей среды // Патент № 2485477. Опубликовано 20.06.2013 МПК G01N33/48.
- Zaalishvili V.B., Bekuzarova S.A., Kozaeva O.P. Method for assessing environmental pollution // Patent № 2485477. Published on 06/06/2013 IPC G01N33 / 48 (in Russian).
6. Сокаев К.Е., Хубаева Г.П. Экология окружающей природной среды города Владикавказа и его пригорода. Владикавказ: Олимп, 2014. 207 с.
- Sokaev K.E., Khubaeva G.P. Ecology of the environment of the city of Vladikavkaz and its suburbs. Vladikavkaz. Olimp, 2014. 207 p. (in Russian).
7. Заалишвили В.Б., Алборов И.Д., Бекузарова С.А., Сидаков А.Г. Способ реабилитации нарушенных земель // Патент № 2567900. Опубликовано 10.11.2015. МПК B09C1/00, A01B79/02, C05G 3/04.
- Zaalishvili V.B., Alborov I.D., Bekuzarova S.A., Sidakov A.G. Method of rehabilitation of disturbed lands // Patent № 2567900. Published 10.11.2015. IPC B09C1 / 00, A01B79 / 02, C05G 3/04 (in Russian).
8. Ханиева И.М., Бекузарова С.А., Ханиев М.Х., Лазаров Т.К., Бозиёв А.Л. Способ снижения радиоактивности почв // Патент № 258027. Опубликовано 20.06.2016. МПК B09C1/00.
- Khanieva I.M., Bekuzarova S.A., Khaniev M.Kh., Lazarov T.K., Bosiyev A.L. Method of reducing soil radioactivity // Patent № 258027. Published on 06/06/2016. IPC W09S1 / 00 (in Russian).
9. Бекузарова С.А., Александров Е.Н., Вайсфельд Л.И., Эйгес Н.С., Плиев И.Г. Способ воспроизводства нефтезагрязненных земель // Патент № 2555595. Опубликовано 10.07.2015. МПК B09C1/10, A61D3/02, A01B7902.
- Bekuzarova S.A., Aleksandrov E.N., Vaisfeld L.I., Eiges N.S., Pliev I.G. Method of reproduction of oil-contaminated land // Patent № 2555595. Published 10.07.2015. IPC B09C1 / 10, A61D3 / 02, A01B7902 (in Russian).
10. Биологический контроль окружающей среды. Генетический мониторинг. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 136 с.
- Biological control of the environment. Genetic monitoring. M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2010. 136 p. (in Russian).
11. Биологический контроль окружающей среды. Биомониторинг и биотестирование / Под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Соранульцевой. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 156 с.
- Biological control of the environment. Bioindication and biotesting / Pod red. O.P. Melekhovoy, E.I. Sorapul'cevoy. M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2010. 156 p. (in Russian).
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш. Методология нормирования химического загрязнения почв на основе нарушения их экологических функций // Экология и промышленность России. 2007. № 11. С. 48–51.
- Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh. Methodology of rationing of chemical pollution of soils on the basis of the violation of their ecological functions // Ecology and Industry of Russia. 2006. № 11. P. 48–51 (in Russian).
13. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д.: Изд-во Южного федерального университета, 2012. 260 с.
- Kazeev K.Sh. Kolesnikov S.I. Soil biodiagnostics: methodology and research methods. Rostov n/D.: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2012. 260 p. (in Russian).