

Эффективность применения природных сорбентов для детоксикации почв, загрязненных солями тяжелых металлов и нефтепродуктами

Д.В. Пономаренко, Л.В. Малиновская, С.Н. Перевалов, В.Г. Яценко, А.А. Ивлева

Из года в год при освоении природных ресурсов в мире растет загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими химическими веществами, при этом загрязняется вода и почвенный покров. Сложный химический состав загрязняющих веществ приводит к ряду экологических проблем, связанных с уменьшением площадей хозяйственных угодий, снижением плодородия почвы, а также наносится значительный ущерб растительному и животному миру. Потенциал и скорость самовосстановления природной системы очень низки – десятки лет. Для ускорения процесса восстановления нарушенных земель и в соответствии с Федеральным Законом [1] необходимо проводить комплекс мероприятий по рекультивации загрязненных участков. Специалисты ЗАО «Октопус» разработали эффективную технологию санации нарушенных земель, адаптированную к условиям нижеволжского региона.

В зарубежной и российской практике известен ряд методов ликвидации химических загрязнений почвы, включающих физико-химические, биологические и механические. Однако большинство существующих технологий являются либо высоко затратными, либо они не соответствуют экологическим требованиям. Разработка и внедрение новых эффективных и недорогих способов обезвреживания почвы от химического загрязнения - одна из важнейших задач при решении проблемы снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Базируясь на анализе существующих в мире технологий очистки загрязненных земель, а также на результатах научных исследований и опытных апробаций в производственных условиях эксплуатации одного из месторождений Астраханской области, специалисты ЗАО «Октопус» разработали экологически безопасную и экономически эффективную технологию ликвидации загрязнения земель нефтепродуктами и солями тяжелых металлов, которая основана на внесении в почву сорбент-мелиоранта «АОРСИТ - 47» [3] и использовании агротехнических приемов.

Целью данной работы является оценка эффективности технологии санации загрязненных земель, разработанной инжиниринговой компанией «Октопус», успешно применяемой в нефтегазовой отрасли.

Материалом для настоящей работы послужили данные, полученные при проведении мониторинговых исследований почвенно-растительного покрова на участках земельных территорий ликвидируемых скважин одного из месторождений Астраханской области, которые осуществлялись в три основных этапа.

На первом этапе решались задачи по уточнению расположения очагов загрязнения, а также по оценке содержания загрязняющих веществ в почвогрунтах в результате производства работ по ликвидации скважины. Особое внимание обращалось на территорию основного производства, склад ГСМ, территорию склада химреагентов, включая расходную площадку, территорию амбара выкидов ПВО.

Рекогносцировочные маршрутные наблюдения, отбор и обработку проб почв и образцов растительности проводили на этапе технической рекультивации в период завершения монтажа оборудования и до начала работ по химической мелиорации территории скважины.

На втором этапе решались задачи по определению характера динамики содержания загрязняющих веществ в почвогрунтах.

Отбор и обработка проб почв проводились на завершающем этапе технической рекультивации, не ранее 30 календарных дней после проведения химической мелиорации и до начала этапа биологической рекультивации по координатам, зафиксированным для

участков отбора проб на первом этапе исследования. Отбор проб растительности не проводили.

На третьем этапе решались задачи по определению эффективности проведенных работ по рекультивации площадок ликвидируемых скважин и по определению динамики процессов восстановления почвенно-растительного покрова.

Отбор образцов почв и растительности проводился после окончания работ по биологической рекультивации загрязненных территорий в конце первого сезона вегетации фитомелиорантов. Пробы почвы отбирали по координатам, зафиксированным для участков на первом этапе исследований, пробы растительности – на территории площадок ликвидируемых скважин.

Все виды работ, проводимые по экологическому мониторингу, отвечали требованиям нормативных документов [3-7].

Объем отобранных проб на скважине составил: почвы по 10 образцов на каждом этапе, растительности - 4 пробы на I этапе (фон) и 3 пробы – на III этапе.

Образцы почвы отбирали при помощи почвенного бура по заданным интервалам (0-30 см и 30-100 см) методом конверта. Отбор растительных проб проводили с площадок размером 1,0 x 1,0 м по сторонам света, срезая надземную фитомассу до уровня поверхности почвы.

В отобранных образцах почвенно-растительного покрова определялись следующие показатели: рН, содержание гумуса, подвижные формы фосфора, содержание катионов и анионов в водной вытяжке, содержание углеводов нефти, тяжелых металлов (свинец, цинк, медь, марганец, никель, кадмий, хром общий, кобальт, молибден, мышьяк, ртуть) – в почве; общее проективное покрытие (%), средняя высота травостоя (см), продуктивность растительных сообществ ($г/м^2$), содержание тяжелых металлов (свинец, цинк, медь, марганец, никель, кадмий, хром общий, кобальт, молибден, мышьяк, ртуть) - в растительности. Все анализы проводились в специализированной и аккредитованной в данной области лаборатории.

Результаты аналитических данных:

Почва.

Объектом наших исследований являются земли, расположенные в Астраханской области на территории газодобывающего предприятия. Почвообразующими породами здесь являются хвалынские осадки, преимущественно песчаного грансостава. Преобладание фракции песка (частицы размером $> 0,01$ мм) характеризует описываемые почвы как эрозийноопасные.

Анализ результатов лабораторных исследований почвогрунтов, отобранных с площадок скважин, подлежащих ликвидации (I этап), позволил выявить загрязнение их АПАВ, фенолами, нефтепродуктами, солями тяжелых металлов (кадмий, свинец, цинк, кобальт, медь, никель, хром) и мышьяком, содержание которых значительно (в 1,2-91 раз) превышает нормативные показатели (ПДК/ОДК).

Установленные в ходе анализа полученного материала лабораторных испытаний почвогрунтов показатели коэффициентов концентрации химического вещества (Ксi) и суммарных показателей загрязнения почв (Zс) на территории скважин, являющихся одними из основных критериев качества природных сред, позволяет отнести почвы к категории почв от умеренно опасной (Zс = 19,72) до опасной степени (Zс = 96,76) загрязнения.

Как известно, загрязненная почва теряет четкую структуру, снижается водопроницаемость, ухудшается ее водно-воздушный режим, что в конечном итоге приводит к снижению плодородия почвы. Особую опасность для почвы и в целом для окружающей природной среды представляют соли тяжелых металлов, которые способны образовывать прочные и высокотоксичные соединения. Тяжелые металлы, попавшие в почву, накапливаются в ней и, в связи с высокой токсичностью, нарушают ее нормальное

функционирование, как экосистемы. Из почвы металлы поступают в растения и по пищевой цепочке в конечном итоге могут попасть в организм человека [8].

Полученные результаты содержания загрязняющих веществ в почвах свидетельствуют о необходимости проведения специальных мероприятий по их детоксикации на этапе технической рекультивации. В соответствии с требованиями законодательных и нормативных актов Российской Федерации [1; 3; 9] на участках максимального загрязнения территорий ликвидируемых скважин силами ЗАО «Октопус» были проведены работы по химической мелиорации.

Данные мониторинговых исследований почвенного покрова территорий скважин, проведенные спустя месяц после окончания работ по химической мелиорации (II этап), указывают на тенденцию к снижению токсических веществ в почве, концентрации которых не превышали ПДК (ОДК).

Результаты лабораторных анализов образцов почв, отобранных на территории площадок скважин в период проведения III этапа мониторинговых работ, показали, что содержание в них основных токсикантов (солей тяжелых металлов и нефтепродуктов) продолжают оставаться ниже нормативных показателей.

Значение водородного показателя (рН) в пробах почв, отобранных во время проведения I-III этапов исследований, варьирует от 7,8 до 9,9 при средней величине 8,2, что дает основание характеризовать почвы как повышено-щелочные.

Содержания гумуса, – важнейшего компонента почвы, - в почвенных образцах исследуемых участков находится в диапазоне 0,13-3,33 %, что характеризует их по гумусности как низкогумусные. Следует отметить, что слабогумусированность рассматриваемых почв указывает на низкую потенциальную способность их к сорбции тяжелых металлов, т.е. гумусовый горизонт не может служить барьером для проникновения этих поллютантов в почвенные горизонты.

Фосфор является обязательным химическим элементом в почве. Он участвует в фотосинтезе, окислительно-восстановительных процессах и углеводном обмене. В отобранных пробах содержание фосфора подвижного колеблется от 5 до 41 мг/кг, что вполне характерно для низкогумусированных почв. Следует отметить, что в ходе анализа результатов лабораторных исследований выявлено увеличение содержания фосфора в почвогрунтах, отобранных на III этапе мониторинговых работ по отношению к таковым на II этапе. Источником поступления фосфора в почву после проведения работ по химической мелиорации, вероятно, оказался используемый при детоксикации загрязненной почвы сорбент - мелиорант «АРСИТ - 47», который согласно ТУ [10] не только активно сорбирует из нее токсиканты, но и служит источником зольных элементов питания растений – обогащает почву доступными для растений формами калия и фосфора.

В настоящей работе в качестве конкретного примера приведены данные мониторинговых работ, проведенные на одной из площадок ликвидируемых скважин.

Анализ полученных материалов исследований образцов почв, отобранных на I этапе экологического мониторинга, позволил выявить загрязнение земель нефтепродуктами, свинцом, цинком, медью, кадмием и мышьяком (рис. 1, 2). При этом содержание перечисленных выше токсикантов в исследуемых почвах значительно (в 2,2-36,1 раз) превышало ПДК и ОДК (рис. 3).

Так, по результатам протокола лабораторных испытаний содержание нефтепродуктов в отдельных пробах почв колебалось в пределах 4,06 – 36,1 г/кг; свинца – 50,8 - 241 мг/кг; цинка – 83,4 - 234 мг/кг; кадмия – 0,87 мг/кг – 1,10 мг/кг; мышьяка – 5,9 мг/кг – 7,7 мг/кг.

Анализ проб почв, взятых с территории площадки скважины на II этапе мониторинговых работ, позволил дать характеристику динамики содержания загрязняющих веществ в почве и оценку ее экологического состояния. Данные протокола лабораторных испытаний указывают на тенденцию к снижению токсических веществ в

почвах после проведения работ по их очистке. Так, содержание нефтепродуктов на загрязненных участках территории скважины сократилось до 0,03 г/кг, что соответствует 0,03 ПДК; свинца – не более 8,18 мг/кг – 0,25 ПДК; цинка – не более 20,2 мг/кг – 0,37 ПДК; кадмия – 0,26 мг/кг – 0,52 ПДК; мышьяка – 1,9 мг/кг – 2,0 мг/кг (рис. 1, 2).

Результаты лабораторных анализов образцов почв, отобранных на территории площадки скважины в период проведения III этапа мониторинговых работ, показывают, что валовое содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) и ОДК в почвах с определенными физико-химическими свойствами (рис. 1, 2). В основу группировки почв положены pH и их гранулометрический состав, который подтвержден протоколами лабораторного анализа для всех выявленных участков загрязнения.

Валовое содержание свинца в почвах колеблется от 4,02 до 8,1 мг/кг, что соответствует 0,13-0,25 ПДК, цинка – 15,2-26,8 мг/кг (0,28-0,49 ПДК), меди - 3,02-5,04 мг/кг (0,09-0,15 ПДК), марганца – 130-194 мг/кг (0,09-0,13 ПДК), никеля – 7,50-11,02 мг/кг (0,38-0,55 ПДК), кадмия – 0,17-0,24 мг/кг (0,34-0,48 ПДК), кобальта – 2,02-2,60 мг/кг (0,17-0,22 ПДК), молибдена – 0,11-0,19 мг/кг (0,06-0,09 ПДК), хрома – 6,0-20,4 мг/кг (0,06-0,20 ПДК), ртути – < 0,1 мг/кг при ПДК 2,1 мг/кг сухой массы, мышьяка – 1,9-2,0 мг/кг (0,95-1,00 ПДК), нефтепродуктов – 0,03—0,06 г/кг (0,03-0,06 ПДК).

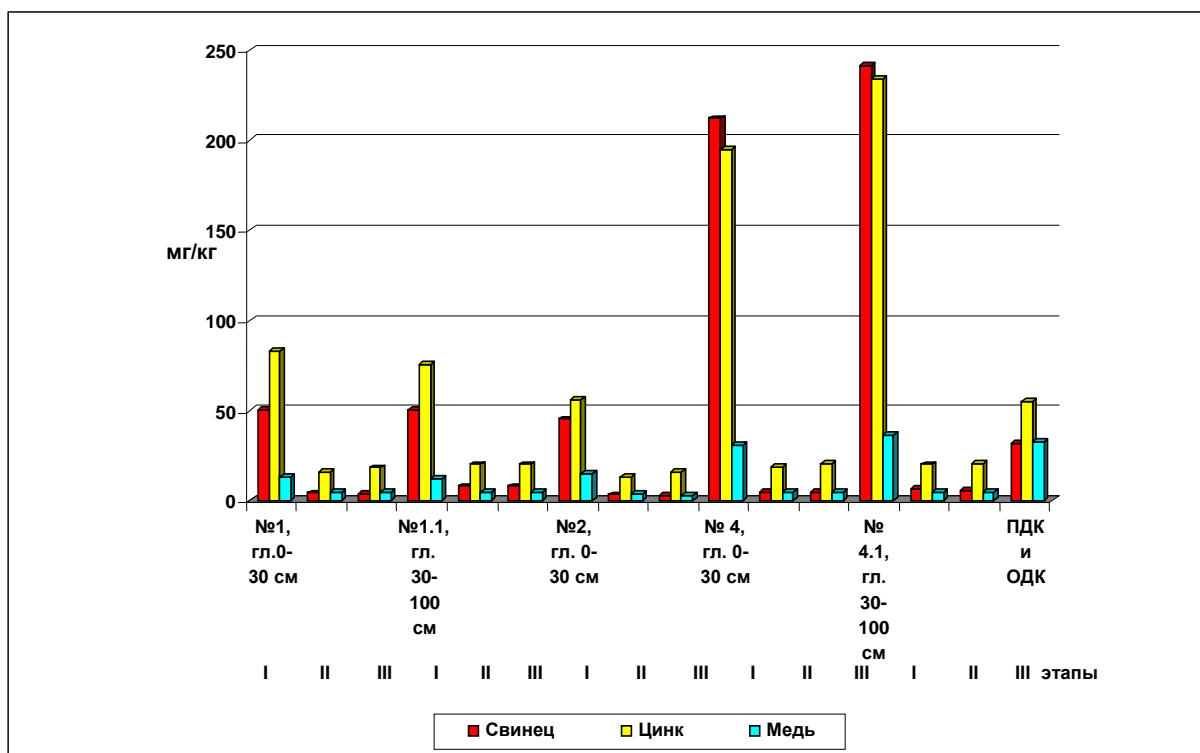


Рис. 1. Динамика содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах площадки скважины до (I этап) и после (II и III этапы) проведения работ по химической мелиорации.

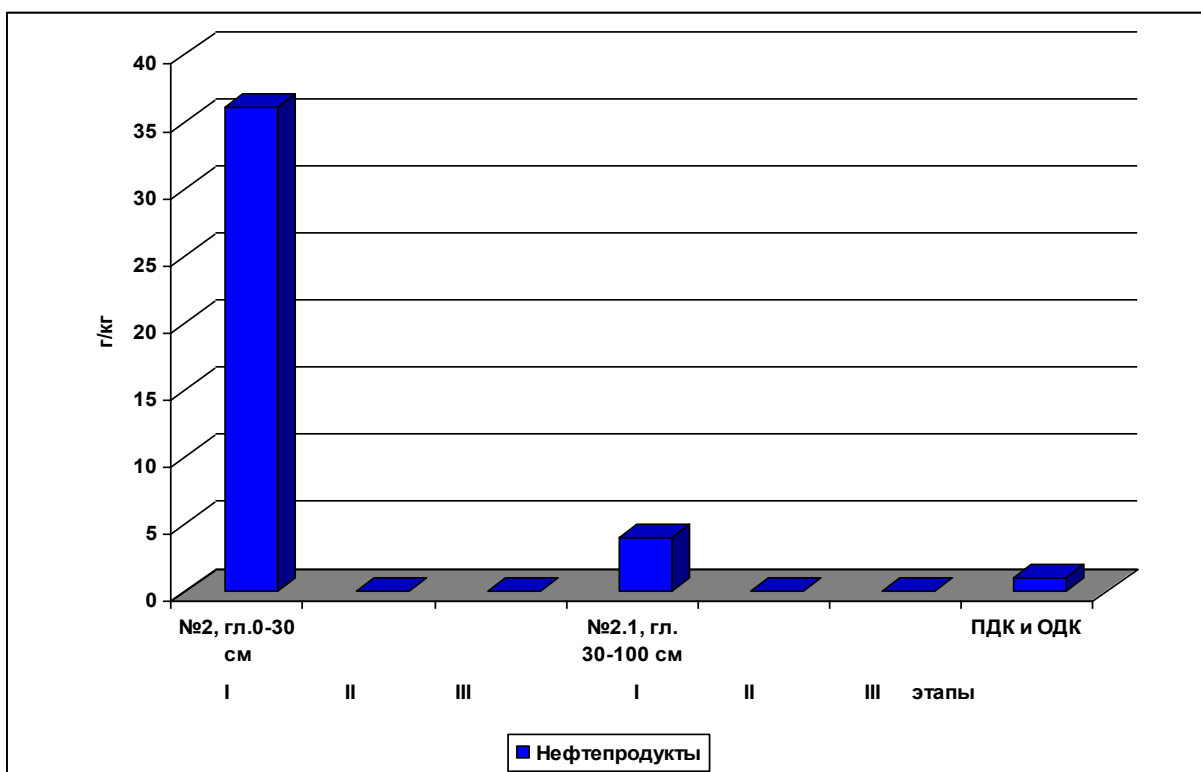


Рис. 2. Динамика содержания нефтепродуктов в почвах площадки скважины до (I этап) и после (II и III этапы) проведения работ по химической мелиорации.

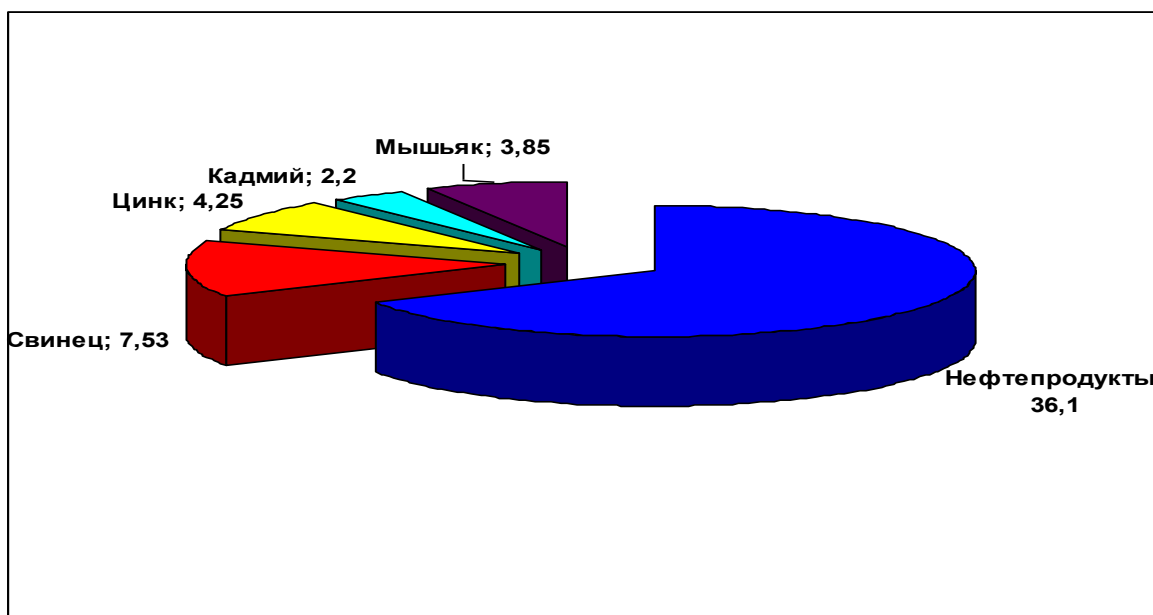


Рис. 3. Соотношение коэффициентов концентрации (превышение ПДК) при полиэлементном загрязнении почв скважины

Таким образом, в результате проведенных ЗАО «Октопус» мероприятий по очистке почвенного покрова нарушенных земель, обеспечено снижение концентраций по всем загрязняющим веществам (по отдельным элементам от 1,6 до 36,1 раз) ниже уровня ПДК (ОДК).

Опираясь на результаты лабораторных исследований почвогрунтов территории скважины, полученные в ходе проведения III этапа мониторинговых наблюдений, были

рассчитаны коэффициенты загрязнения (Kci) и среднее значение суммарного показателя химического загрязнения почвы по скважине (Zc). Показатели Kci и Zc имеют отрицательное значение, т.е. наличие в почве токсикантов, содержание которых превышает ПДК (ОДК), не зарегистрировано, что указывает на эффективность проведенных работ по очистке загрязненных участков почвы территории скважин.

Растительный покров

В конце первого вегетационного периода на территории скважины были проведены наблюдения за состоянием растительного покрова (III этап). В результате исследований выявлен видовой состав флоры, насчитывающий 4 вида высшей растительности. Доминирующими видами в растительном покрове являются: *Calligonum aphyllum* (джузгун безлистный) и *Avena strigona* (овес песчаный), субдоминирующими - *Alyssum turkestanicum* (бурочек туркестанский) и *Artemisia arenaria* (полынь песчаная).

Проективное покрытие на исследуемой территории колеблется от 5 до 15 % и в среднем составляет 10 %, при этом высота травостоя – 15-25 см.

Величина продуктивности растительных сообществ находится в пределах 60-95 г/м².

Таким образом, исходя из наблюдений за состоянием вторичной растительности, появившейся после проведения рекультивационных мероприятий (общее проективное покрытие составляет 42% от фонового показателя, средняя высота травостоя на исследуемых участках – 22 см - 61% от фонового значения, средняя продуктивность растительных сообществ – 78,3 г/м – 36,7% от фонового показателя), можно отметить четкую динамику восстановления растительного покрова на территории ликвидируемой скважины.

С целью выявления возможности миграции тяжелых металлов из загрязненного почвенного покрова в растения после проведения химической мелиорации были отобраны образцы растительности и проведен спектральный анализ содержания в них тяжелых металлов. Полученный материал лабораторных исследований показал, что концентрации тяжелых металлов в растениях не превышают ПДК для кормовых культур (табл. 1), что указывает на высокую сорбционную способность по отношению к солям тяжелых металлов разработанного ЗАО «Октопус» сорбент-мелиоранта «АОРСИТ-47» и применяемого для очистки загрязненных земель.

Таблица 1

Результаты лабораторных анализов проб растительного покрова (III этап экологического мониторинга).

Определяемые показатели	Ед. измерения	ПДК для кормов	Проба № 1. Площадка скважины	Проба № 2. Расходная площадка химреагентов	Проба № 3. Амбар ПВО
			III этап	III этап	III этап
Свинец	мг/кг	10,000	1,72	0,65	0,73
Кадмий	мг/кг	0,200	0,20	0,11	0,11
Медь	мг/кг	30,000	8,80	4,68	10,95
Цинк	мг/кг	50,000	20,21	11,78	12,37
Хром	мг/кг	-	1,60	0,22	0,22
Никель	мг/кг	-	2,44	1,48	2,30
Марганец	мг/кг	-	15,11	9,83	13,24
Молибден	мг/кг	-	0,49	0,41	0,21
Кобальт	мг/кг	-	0,32	0,15	0,20
Мышьяк	мг/кг	-	0,038	0,266	0,021
Ртуть	мг/кг	0,050	0,025	0,015	0,016

Таким образом, результаты лабораторных исследований образцов почв и растительности, отобранных на территории площадки скважины во время проведения I, II, III этапов экологического мониторинга, позволили установить, что разработанная ЗАО «Октопус» комплексная технология является эффективной для очистки почвогрунтов от тяжелых металлов, АПАВ, фенолов, нефти и нефтепродуктов и способствует восстановлению в них естественных биологических процессов, что достигается за счет сорбции указанных загрязнителей при существенном снижении их токсичности (до и ниже ПДК или фоновых показателей).

Экономическая эффективность

Предлагаемая технология является экономически эффективной в условиях Нижневолжского региона. Это обусловлено следующим:

1. Сорбент-мелиорант «АОРСИТ-47» представляет собой смесь двух природных минералов, добываемых в регионе. Эти минералы легко адаптируемы к почвам и к климатическим условиям края.
2. Стоимость сорбент-мелиоранта «АОРСИТ-47» значительно ниже стоимости рыночных аналогов: синтетических сорбентов и сорбентов, поставляемых из других регионов страны.
3. Использование местного сырья и простота агротехнических приемов существенно снижают трудоемкость, материало- и энергоемкость, дальность транспортировки, сметную стоимость работ по проведению химической мелиорации.
4. Предлагаемая технология позволяет предотвратить крупные компенсационные выплаты за нанесенный ущерб почвенному покрову и репутационные потери предприятия.

Литература

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. (с изм. от 21.11.2011 г. № 331-ФЗ).
2. Патент № 2406579 Состав для рекультивации загрязненных почв // Пономаренко Д.В., Перевалов С.Н., Яценко В.Г.: заявл. 08.12.2008 г.
3. Федеральный закон «О недрах» № 2395-1 от 21.02.1992 г. (с изм. от 06.12.2011 г. № 401-ФЗ).
4. СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» Государственный комитет Российской Федерации по жилищной и строительной политике (Рострой России).
5. ГОСТ 17.4.1.02-83. «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения».
6. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».
7. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».
8. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987.
9. СТП 05780913.17.9-2006 «Рекультивация земель. Требование и порядок проведения», утвержд. 27.01.2006 г.
10. ТУ 5711-004-48075906-2009. Сорбент-мелиорант для рекультивации почв «АОРСИТ-47», введен 26.06.2009 г.