

**БИОПРЕПАРАТ АЛЬБИТ® В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПОЧВ
ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Злотников А.К.

кандидат биологических наук

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.Скрябина РАН
(г.Пушино), albit@itaec.ru*

Садовникова Л.К.

кандидат биологических наук

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

Баландина А.В.

Пермский филиал МГУ им. М.В.Ломоносова

Злотников К.М.

кандидат биологических наук

Казаков А.В.

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.Скрябина РАН
(г.Пушино)*

В лабораторных опытах показано, что биопрепарат Альбит, благодаря стимуляции естественной микрофлоры почв и роста растений, способен увеличивать скорость разложения нефти в почве в среднем в 1,67 – 3,15 раз. В производственных опытах по очистке нефтезагрязненных территорий продемонстрировано, что Альбит совместно с высевом нефтетолерантных трав за один вегетационный сезон снижает нефтяное загрязнение почвы в 1,5 – 10 раз. Сформулированы практические рекомендации по применению Альбита для очистки нефтезагрязненных почв.

Значительное увеличение объемов добычи нефти, строительство новых нефтепроводов и нефтеперерабатывающих заводов привело в последние годы к резкому увеличению площади нефтезагрязненных земель. По некоторым данным в России сброс нефти в окружающую среду составляет около 25 миллионов тонн в год [1]. В связи с этим остро стоит вопрос разработки экологически безопасных и экономически обоснованных мероприятий, направленных на интенсификацию процессов биоразложения углеводородов, очистки и восстановления плодородия земель [2].

Очистка почвы от нефтяных загрязнений производится в несколько этапов.

На подготовительном этапе производится механическое снятие избытка нефтепродуктов с поверхности почвы, удаление пленки нефтепродуктов при помощи гидронасоса и интенсификация процессов физико-химической

деградации нефти путем рыхления почвы и обработки ее ПАВами. Длительность этого этапа, составляет от 1 до 3 месяцев, и зависит от степени загрязнения, температуры окружающей среды, влажности и типа почвы. Контролем окончания данного этапа является снижение концентрации углеводов, позволяющее достичь частичную всхожесть семян некоторых нефтетолерантных индикаторных растений, и размножение углеводородокисляющих микроскопических грибов.

На втором этапе – микробиологическом – проводятся мероприятия, направленные на интенсификацию микробиологической деградации оставшихся нефтепродуктов в почве. Для этого производят поддержание оптимальной водно-воздушной и кислотной характеристик почвы (рыхление, известкование), вносят необходимое минеральное питание и микроэлементы. Об окончании данного этапа судят по восстановлению нормальной микробиоты почвы и прорастанию и развитию высших растений. Данный этап как правило длится в течение 1-3 вегетационных периодов. Однако, за счет внесения в почву биопрепаратов содержащих в своем составе бактерии-нефтедеструкторы, эти сроки можно сократить в несколько раз. В основном для разложения нефти используют бактерии родов *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Azotobacter*, *Alkaligenes*, *Mycobacterium*; дрожжи рода *Candida*; нитевидные актиномицеты рода *Streptomyces*; грибы, относящихся к родам *Aspergillus* и *Penicillium* и другие микромицеты [3].

На заключительном этапе очистки почв применяется прием фиторемедиации – высев нефтетолерантных растений [4]. При этом производится высев многолетних трав в сочетании с агротехническими мероприятиями и внесением специальных препаратов, способствующих стимуляции естественного почвенного сообщества микроорганизм–растение. Показателем эффективности данного этапа служит нормальное развитие многолетних трав в течение минимум 2-х сезонов, и снижение содержания 3,4-бензпирена в почве до уровня предельно допустимой концентрации.

Разложение нефти в почве под действием биопрепаратов обусловлено как непосредственным действием входящих в их состав живых микроорганизмов, так и способностью биопрепаратов влиять на аборигенное микробное сообщество почвы, повышая его способность утилизировать нефть с образованием

органических соединений гумусоподобного характера [5]. Применение биопрепаратов совместно с высевом нефтетолерантных трав на всех этапах очистки почв значительно сокращает сроки очистки и способствует скорейшему восстановлению плодородия почвы.

Биопрепарат Альбит разработан в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН (г. Пущино Московской обл.) совместно с ООО «Научно-производственная фирма «Альбит» в рамках программы целевого финансирования Правительства РФ № ИФ-15/33-99 «Создание технологии получения универсального биопрепарата, обеспечивающего полноценное развитие растений и защиту их от фитопатогенов».

Альбит содержит естественный природный микробный полимер поли-бета-гидроксимасляную кислоту из почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*, сбалансированный набор макро- и микроэлементов, хвойный экстракт и другие компоненты.

В многолетних опытах ряда сельскохозяйственных научных учреждений (ВНИИЗР, ВНИИ биологической защиты растений, ВИЗР, ВНИИ зерновых культур, ВНИИ льна, ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, ВНИИ садоводства, МГУ им. М. В. Ломоносова, ВНИИ селекции и семеноводства овощных культур и др.) была показана способность Альбита стимулировать рост растений и естественного микробного сообщества почв, что позволило сделать предположение о перспективности использования данного препарата в технологиях фиторемедиации и микробиологической очистки почв [6].

Целью нашей работы явилось изучение возможности применения биопрепарата Альбит в технологии очистки почв от нефтяных загрязнений.

Материалы и методы

Изучение влияния Альбита на очистку почв от нефтяного загрязнения проводили в условиях лабораторных и вегетационных опытов, а также – в производственных условиях.

Лабораторные и вегетационные опыты проводили на Кафедре химии почв МГУ в 2003 году. Использовали дерново-подзолистую, среднесуглинистую почву, в которую вносили Сургутскую нефть, обогащённую керосиновыми фракциями.

Воздушно-сухая почва загрязнялась нефтью в количестве от 3 % до 5 % (весовых), семена смеси злаковых трав (овсяница красная – 80 %, костёр ржаной – 20 %) перед высевом в нефтезагрязнённую почву в течение получаса замачивали в растворе Альбита (0,2 г/л и 1 г/л), затем семена высевали и оставшийся после обработки семян раствор вносили в почву (5 мл раствора/сосуд). Повторность 3-х кратная. (В аналогичном опыте ИБФМ РАН (2005 г.), главной целью которого было определение всхожести семян при различных уровнях нефтяного загрязнения, вместо злаковых трав использовался яровой ячмень сорта «Зерноградский»).

В параллельно проведённом по такой же методике опыте Кафедры химии почв МГУ (2003 г.) изучали влияние непосредственного внесения Альбита в почву под растениями-фиторемедиантами. Начальная концентрация нефти в почве была от 5 – 15 %. Препарат Альбит вносили в почву в виде раствора концентрации 0,1 г/л, в течение вегетации проводили четырёхкратное внесение препарата.

По окончании опытов определяли остаточное содержание углеводов нефти в почве хроматографически методом *n*-гексановой вытяжки.

В 2003 г. в Нижегородской области на территории ОАО «Верхневолжские магистральные нефтепроводы», были проведены производственные опыты с Альбитом. Объектом явилась площадка на краю нефтяного озера площадью 600 м² (1-й амбар), наполненного водой и более чем на 50 % нефтью. Перед засевом нефтетолерантных трав в почву вносили препарат Альбит в дозе 100 мл на 600 м². Нагрузка нефти перед обработкой была 15 % (150 г/кг почвы).

Второй нефтезагрязнённый амбар находился на 2060-ом км нефтепровода Сургут-Полоцк в Кстовском районе Нижегородской области у села Запрудное. Отмечена высокая концентрация канцерогенных тяжёлых нефтеноароматических углеводов с содержанием 30 % асфальтенов. Альбит вносили в дозе 500 мл

на 1500 м² одновременно с высевом нефтетолерантных растений. До внесения препарата нагрузка нефти составляла в среднем 6,8 % (68 г/кг почвы).

Следующий опыт был проведен на нефтезагрязненной площадке на Сормовской нефтебазе (ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт»). Участок представлял собой почву, на которой размещаются емкости для отходов нефтяных масел. Нагрузка нефтяного продукта на объекте до начала работ была высокой от 25 % до 60 % (250-600 г/кг почвы). Вначале она была снижена с использованием механических методов. Биопрепарат Альбит применяли при нагрузке 8-15 % (8-150 г/кг почвы). Препарат вносили по 150 мл на 500 м² дважды за вегетацию: перед засевом трав и в фазу всходов растений.

В 2004 г был проведен опыт на территории Керженецкой нефтебазы (г. Семенов Нижегородской обл.), принадлежащей ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт». Отличительной особенностью данной площадки была ее высокая заболоченность, в связи с чем были проведены дренажные мероприятия и частичное удаление нефтепродуктов механическими методами. В почву вносили Альбит в комплексе с препаратом Гумистар по 180 мл на 1000 м² перед засевом нефтетолерантных трав и в фазу всходов. Использовали семена трав следующего состава: овсяница красная, мятлик луговой, костер безостый, райграс пастбищный, вика, осока обыкновенная. Осока обыкновенная была впервые применена для образования кочек, поскольку рекультивируемая территория заболочена. Семена трав предварительно в течение 3-5 часов замачивали в биопрепарате Альбит. Перед началом работ содержание нефтепродуктов в почве составляло в среднем 15,2 %.

Результаты

В опытах Кафедры химии почв МГУ была показана эффективность предпосевной обработки Альбитом семян растений, используемых для биоремедиации, при невысоком уровне загрязнения почвы нефтью (3-5 %).

В контрольной почве в ходе опыта наблюдалось заметное естественное снижение содержания углеводородов нефти, что можно объяснить деятельностью почвенного микробного сообщества, и частичным испарением легких фракций нефти. Альбит в 1,67–3,15 раза ускорял данный естественный процесс

самоочищения почвы. К концу вегетации в сосудах с обработкой Альбитом содержание нефти было в 1,8–10,6 раз ниже, чем в контрольных и примерно в 2 раза ниже, чем при использовании одних только растений (без Альбита). Таким образом, наибольшая скорость ремедиации наблюдалась в вариантах Альбит-растения. Наибольшей активностью обладала концентрация препарата 0,2 г/л. (табл. 1).

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратом Альбит на результативность фиторемедиации в вегетационных опытах
(Каф. химии почв МГУ, 2003 г.)

Опыт	Вид обработки	Начальное содержание нефти, %	Содержание углеводов (у.в.) нефти в конце опыта, %	Снижение у.в. нефти (по отношению к контролю)	Интенсивность разложения нефти (по отношению к контролю)
1.	Контроль: Почва + нефть	5	2,12	1	1
	Почва + нефть + альбит (1 г/л) + растения	5	0,71	2,99	1,49
	Почва + нефть + альбит (0,2 г/л) + растения	5	0,20	10,60	1,67
2.	Контроль: Почва + нефть	3	2,48	1	1
	Почва + нефть + растения	3	2,36	1,05	1,23
	Почва + нефть + альбит (0,2 г/л) + растения	3	1,36	1,82	3,15

Была зафиксирована выраженная ростстимулирующая активность Альбита по отношению к использованным в опыте растениям. В опыте Кафедры химии почв МГУ было показано, что биомасса растений в конце опыта при использовании различных концентраций Альбита превышала контроль в 1,5 – 2 раза.

Можно считать, что Альбит, усиливая рост растений-фиторемедиантов, позволяет им успешно выживать в стрессовых условиях нефтяного загрязнения, снабжать почвенные нефтеразлагающие микроорганизмы продуктами

фотосинтеза и тем самым ускорять процесс разложения нефти в почве. Альбит влияет также на саму возможность прорастания семян в загрязнённой нефтью почве. Как показали опыты проведенные в ИБФМ РАН, всхожесть семян ячменя резко снижается при концентрации дизельного топлива в почве более 2 %, нефти 5 %, в то время как в присутствии Альбита всхожесть семян наблюдалась при уровнях нефтяного загрязнения вплоть до 10 %.

Помимо обработки семян, непосредственное внесение Альбита в почву также положительно влияло на нефтескрутку. В вегетационном опыте Кафедры химии почв МГУ, 4-кратный полив сосудов раствором Альбита достоверно снижал содержание нефти в почве в 1,5 – 2,8 раз, в зависимости от начальной концентрации нефти. Альбит продемонстрировал эффективность при всех изученных уровнях нефтяного загрязнения от 5 до 15% (табл. 2).

Таблица 2

Влияние внесения биопрепарата Альбит в почву на эффективность фиторемедиации в вегетационных опытах (Каф. химии почв МГУ, 2003 г.)

Содержание нефти в начале опыта, %	5	5-10	10-15	15-20	20-25
Содержание нефти в начале опыта среднее, %	5	7,5	12,5	17,5	22,5
Содержание нефти в конце опыта после обработки Альбитом, %	1,8	5	7	14	18
Снижение содержания нефти под действием Альбита (в среднем), раз	2,8	1,5	1,8	1,3	1,3

Эффективность биопрепарата Альбит в очистке нефтезагрязненных почв была также подтверждена в условиях производственных опытов, проведённых Пермским филиалом МГУ. Результаты опытов представлены на рис. 1.

В опыте 2003 года в Нижегородской области на территории ОАО «Верхневолжские магистральные нефтепроводы» нагрузка нефти после обработки почвы препаратом и засева трав снизилась с 15 % (150 г/кг) до 6 % уже к концу 1-й вегетации. Во втором опыте, проведённом в Кстовском районе Нижегородской области, к концу вегетации растений концентрация нефти в почве снизилась с 6,8 % до 4,1 %.

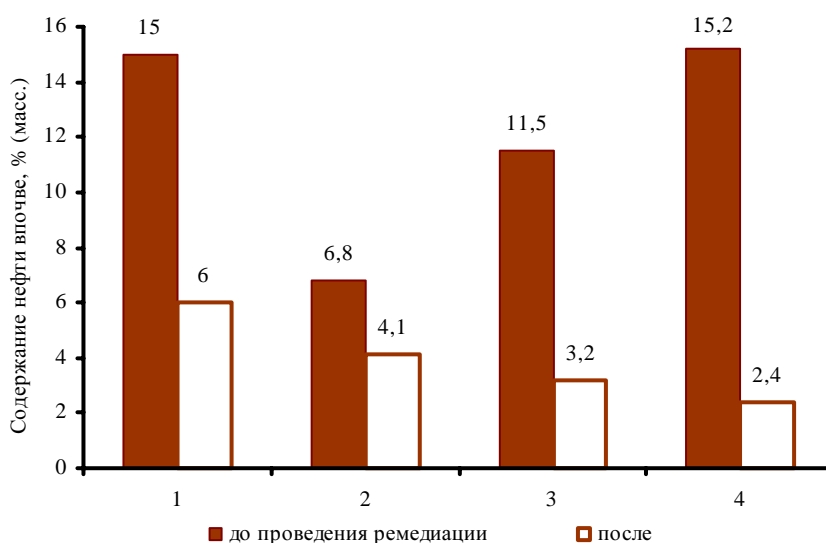


Рисунок 1. Результативность мероприятий по очистке почвы от нефти с использованием Альбита на предприятиях нефтяного комплекса Нижегородской области (2003–2004 гг.):

- 1 – ОАО «Верхневолжские магистральные нефтепроводы»;
- 2 – ОАО «Верхневолжские магистральные нефтепроводы» (Кстовский р-н);
- 3 – ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт» (Сормовская нефтебаза);
- 4 – ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт» (Керженецкая нефтебаза).

В опыте, проведенном на нефтезагрязненной площадке на Сормовской нефтебазе (ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт») нагрузка нефтяного продукта до начала работ была 8-15 % (в среднем 11,5 %). После обработок почвы Альбитом к концу вегетации растений содержание нефтепродуктов в почве снизилась до 4,8-1,6 % (в среднем до 3,2 %). По результатам опыта, проведенного в 2004 г. на территории Керженецкой нефтебазы ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт» после проведения биоремедиационных работ, обработки почвы Альбитом и выращивания трав содержание нефтепродуктов в почве снизилось в среднем с 15,2 % до 2,4 % (рис. 1).

По результатам проведенных опытов можно сформулировать практические рекомендации по применению Альбита для очистки нефтезагрязненных почв. Перед использованием препарата необходимо провести стандартные мероприятия по механическому и физико-химическому удалению избытка нефти, и провести рыхление почвы. Препарат желательно использовать совместно с посевом нефтотолерантных трав. Альбит вносят непосредственно в почву (до высева или

совместно с высевом трав) в концентрации 1,5 – 3,5 литра на гектар (0,15 - 0,35 мл/м²). При чем более высокая из рекомендуемых концентраций препарата следует, использовать при более сильном уровне загрязнения. В почву Альбит вносится в виде рабочего раствора, расход раствора 100-300 л/га. Для достижения максимального эффекта желательно замачивание семян трав перед высевом в растворе Альбита концентрации 0,2 мл/л. Стоимость рекультивации 1 квадратного метра с использованием Альбита (при однократной обработке) составляет от 24 до 66 копеек, что обеспечивает высокую экономическую эффективность рекультивационных мероприятий.

Выводы

Проведённые в течение 2003-2005 гг. опыты МГУ им. М. В. Ломоносова, Пермского филиала МГУ и ИБФМ РАН продемонстрировали, что биопрепарат Альбит способен в 1,67 - 3,15 раз усиливать скорость разложения нефти в почве. В основе эффекта препарата лежит его стимулирующее действие на растения-фиторемедианты, а также на микрофлору почв.

Практическое применение препарата на площадках АО «Верхневолжские магистральные нефтепроводы», Сормовской нефтебазе ОАО «ЛукойлНижегородНефтепродукт», на территории нефтепровода Сургут-Полоцк продемонстрировало, что Альбит за 1 вегетационный сезон снижает нефтяное загрязнение почвы от 1,5 до 10 раз. Препарат эффективен в широком диапазоне нефтяного загрязнения (от 2 до 15 %) и может быть рекомендован для использования в системе биоремедиации почв.

Литература

1. Рахимова Э.Р., Осипова А.Л., Зарипова С.К. Очистка почвы от нефтяного загрязнения с использованием денитрифицирующих углеводородокисляющих микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т.40. № 6.
2. Карасева Э.В., Гирич И.Е., Худокормов А.А., Алешина Н.Ю., Карасев С.Г. Биоремедиация черноземной почвы, загрязненной нефтью // Биотехнология. 2005. № 2.
3. Аренс В.Ж., Саушин А.З., Гридин О.М., Гридин А.О. Очистка окружающей среды от углеводородных загрязнений. – М.: Интербук, 1999.
4. Назаров А.В., Иларионов С.А. Потенциал использования микробно-растительного взаимодействия для биоремедиации // Биотехнология. 2005. № 5.
5. Polyanskaya L.M., Zvyagintsev D.G. Microbial Succession in Soil // *Physiol. Gen. Biol. Rev.* 1995. V. 9.
6. Злотников А.К. Биопрепарат Альбит для повышения урожая и защиты сельскохозяйственных культур. – Подольск: ПФОП, 2006.