

УДК 502.1:579.695:552.123

БИОСОРБЕНТ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ НЕФТИ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ

© 2013 Е.А. Ковальчук

ООО «Уралэкоресурс», г. Пермь

Поступила в редакцию 20.09.2013

Предлагаемый биосорбент содержит глину, отходы обогащения бурого угля и бактериальный штамм нефтеразлагающих микроорганизмов рода *Pseudomonas*. Модельные опыты со сточными буровыми водами в Октябрьском районе Пермского края показали, что с использованием предлагаемого биосорбента очистка воды от нефти с исходным содержанием 68,5 г/л осуществляется в течение 20-ти дней на 98,8%. Биосорбент позволяет устранить разлив нефти и повысить экологическую чистоту водоема.

Ключевые слова: *биосорбент, глина, Pseudomonas, буровые растворы, отходы*

В настоящее время в связи с резким ухудшением экологической обстановки решение проблем защиты растительности и животного мира от техногенного воздействия становится актуальным вопросом. Главной составляющей этой проблемы является ликвидация последствий разливов нефти в результате аварийных ситуаций различного масштаба и попадания нефти и нефтепродуктов в водную среду. Наиболее оптимальной технологией очистки воды от нефтяных загрязнений является комплексная технология, включающая использование природных неорганических сорбентов и биопрепаратов. Основная составляющая процесса очистки воды от нефтяных загрязнений – это разложение нефтепродуктов углеводородокисляющими бактериями. Перспективными являются сложные сорбенты, содержащие, в основном, природные вещества, например на основе алюмосиликатного сырья и штаммов микроорганизмов рода *Rhodococcus*, *Pseudomonas* [2].

Цель исследования: создание биосорбента, способного локализовать разлив нефти и нефтепродуктов, обладающего высокой углеводородокисляющей активностью, низкой себестоимостью и эффективностью в отношении мероприятий по очистке водоемов.

Данная цель достигается тем, что в качестве носителя используется глина, мелкозернистая осадочная горная порода, пылевидная в сухом состоянии, пластичная при увлажнении, представляющая собой минеральный сорбент, которая обладает высокой сорбционной емкостью 2,70 г/см³, пористостью 46,88%, коэффициентом пористости 0,883, коэффициентом водонасыщения 0,076. Глина состоит из нескольких минералов группы каолинита,

монтмориллонита и других слоистых алюмосиликатов, может содержать песчаные частицы и пыль. Глина содержит 47% (мас.) оксида кремния SiO₂, оксида алюминия Al₂O₃ 39% и 14% воды. Попадая на поверхность воды, она растекается, обладает высокой плавучестью и вместе со шламом обогащения бурого угля – наполнителем для микроорганизмов *Pseudomonas fluorescens*, обладает нефтепоглощающей способностью. Одновременно за счет микроорганизмов происходит разложение от нефтесоединений [1].

Культура микроорганизмов *Pseudomonas fluorescens* выделена из почвогрунтов Пермского края, загрязненных нефтепродуктами. Штамм депонирован в международной коллекции ГНУ ВНИИСХМ Россельхозакадемии (г. Санкт-Петербург). Получение биосорбента осуществляется путем глубинного культивирования клеток штамма *Pseudomonas fluorescens* на минеральной среде следующего состава, масс., г/л: NH₄Cl – 1,0; KH₂PO₄ – 2,0; MgSO₄ × 7 H₂O – 0,5; NaCl – 2,0; FeSO₄ × 7H₂O – следы; CaCO₃ – 0,5; глюкоза – 10; тимоловый синий – 0,05; H₂O дистил. – остальное. pH среды – 7,2. К приготовленной смеси добавляется нефть в количестве 0,05 мл, которая образует пленку на поверхности жидкости.

В приготовленную и стерилизованную в автоклаве при 1 атм. в течение 30 минут питательную среду добавляют 1 мл стерильной смеси микроэлементов. Смесь микроэлементов содержит в 1 л воды (г): H₃BO₃ – 5; (NH₄)₂MoO₄ – 5; KJ – 0,5; NaBr – 0,5; ZnSO₄ × 7 H₂O – 0,2; Al₂(SO₄)₃ – 0,3. Указанную смесь микроэлементов предварительно стерилизуют в автоклаве при давлении 0,5 атм. в течение 15 минут. В стерильную питательную среду вышеуказанного состава инокулируют бактериальный штамм *Pseudomonas fluorescens* в количестве 1 мл с

Ковальчук Евгений Александрович, инженер по охране окружающей среды. E-mail: kov82@mail.ru

титром 10^{-13} и ставят в термостат при температуре 28 °С. Штамм в термостате подвергают аэрированию с помощью аэратора FAT-mini в течение 2-х суток. Через 2 суток бактериальная культура *Pseudomonas fluorescens* готова для дальнейших испытаний. После этого проводится иммобилизация бактериальных клеток на носителе – шламе обогащения бурого угля.

Химический состав шлама представляет смесь оксидов следующего состава (%): марганца (IV) – 0,01; железа (III) – 0,82; калия – 0,06; натрия – 0,02; серы – 0,36. Массовая доля влаги в отходах составила 73,7%, содержание органического вещества – 5,93%. Носитель на основе отходов обогащения бурого угля смешивают с жидким препаратом, содержащим бактериальную культуру *Pseudomonas fluorescens* в количестве 50:50. Полученную смесь перемешивают, раскладывают на горизонтальной поверхности и сушат при температуре 24 °С в течение 2-х суток. Просушенную смесь растирают металлическим катком с диаметром 10 см таким образом, чтобы не оставалось крупных кусков, в результате получают биопрепарат с фракционным составом:

Размер фракции, мм	2,5-3,0	1,5-2,0	0,5-1,0	0,2-0,3
Содержание, %	0,1	0,8	98	1,1

В качестве сорбента для опытов была доставлена глина из Березниковского района Пермского края следующего состава (масс. %): SiO_2 – 54,7; Al_2O_3 – 35,5; Fe_2O_3 – 1,9; CaO – 1,25; MgO – 0,8; Na_2O – 0,5; K_2O – 0,2; вода – 5,2. Глина данного состава сушилась при комнатной температуре 20-22 °С, затем подвергалась

дроблению на дробилке «Лабораторная стержневая мельница – дробилка – ЛСМД – 50», после чего получался следующий фракционный состав глины:

Размер фракции, мм	2,5-3,0	1,5-2,0	0,5-1,0	0,2-0,3
Содержание, %	0,4	2,5	88,5	11,5

Физические свойства глины и шлама обогащения ОФ, используемого для приготовления биопрепарата, представлены в табл. 1 по номенклатуре грунтов ГОСТ 25100-95. Исследования глины и шлама обогащения бурого угля показали, что данные сорбенты схожи по своим физическим свойствам.

Предварительно приготовленную сухую смесь, содержащую в качестве адсорбента глину, смешанную с отходами обогащения бурого угля и бактериальным препаратом в заданном соотношении компонентов, наносили на поверхность воды, содержащую пленочную нефть, с помощью распылителя сорбента РАС-1 (ООО «Лес-сорб» г. Брянск). Доставленную воду из водоема Октябрьского района Пермского края проанализировали на содержание нефти, количество которой составило 68,5 г/л. С данным образцом были поставлены модельные опыты. Опытным путем были установлены оптимальные соотношения всех компонентов сорбента: глины – 70%, отходы обогащения бурого угля – 28,5% и бактериальный препарат нефтеразлагающих микроорганизмов *Pseudomonas fluorescens* в количестве 1,5%. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Таблица 1. Физические свойства сорбентов

Сорбент	Природная влажность, д.е.	Число пластилин, д.е.	Плотность грунта, г/см ³	Плотность частиц грунта, г/см ³	Пористость, %	Коэффициент пористости, д.е.	Коэффициент водонасыщения, д.е.	Гранулометрический состав, %, размер фракций, мм						
								песок				пыль		глина
								1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	
глина	0,025	0,12	1,47	2,70	46,88	0,883	0,076	0,10	0,15	5,25	26,22	33,34	12,50	21,44
шлам обогащения бурого угля ОФ	0,044	0,13	1,49	2,70	47,14	0,892	0,133	0,05	0,20	4,40	25,48	31,76	17,47	20,64

Для сравнения были взяты данные исследований с гидрофобизированным вспученным перлитом с инкапсулированной смесью соединений азота, фосфора и бактериальным препаратом, содержащим нефтеразлагающие микроорганизмы *Pseudomonas putidas* 36 [3]. Данные опытов приведены в табл. 3. Из данных табл. 2

видно, что очистка от нефти с начальным содержанием в воде в количестве 68,5 г/л произошла на 20-й день, и степень очистки составила 93,2-98,8%. Согласно табл. 3 очистка произошла на 28 день, и степень очистки составила 80,0-83,7% (при первоначальном содержании нефти 40 г/л).

Таблица 2. Результаты исследования содержания нефти и степени очистки при помощи сорбента

Продолжительность опытов, сут.	Значения показателей по примерам									
	содержание нефти, г	степень очистки, %	содержание нефти, г	степень очистки, %	содержание нефти, г	степень очистки, %	содержание нефти, г	степень очистки, %	содержание нефти, г	степень очистки, %
	1 пример		2 пример		3 пример		4 пример		5 пример	
0	68,5	0	68,5	0	68,5	0	68,5	0	68,5	0
7	37,7	55	22,4	67,3	27,6	59,7	37,5	54,8	34,6	50,5
14	6,9	89,9	2,5	96,4	5,4	92,5	7,2	89,5	13,6	80,2
20	3,3	93,7	0,3	98,8	2,0	97,1	4,7	93,2	5,4	85,4
27	3,3	93,7	0,3	98,8	2,0	97,1	4,7	93,2	5,4	85,4
28	3,3	93,7	0,3	98,8	2,0	97,1	4,7	93,2	5,4	85,4

Таблица 3. Результаты исследования содержания нефти и степени очистки при помощи вспученного перлита

Продолжительность опытов, сут.	Значения показателей по примерам					
	содержание нефти, г	степень очистки, %	содержание нефти, г	степень очистки, %	содержание нефти, г	степень очистки, %
	1 пример		2 пример		3 пример	
0	40	0	40	0	40	0
7	24	40	22	45	20,5	48,7
14	14	65	11,5	70,2	11	70,3
27	10	75	9	77,5	9,5	76,2
28	8	80	6,5	83,7	6,7	83,2

Выводы: проведенные исследования с биосорбентом, содержащим глину, отходы бурого угля и микроорганизмы рода *Pseudomonas fluorescens* показали что данный биосорбент обеспечивает ликвидацию нефти с поверхности водоемов с минимальными затратами и за более короткий срок, чем известный биосорбент, состоящий из перлита, удобрений и микроорганизмов рода *Pseudomonas putida* 36. Предлагаемый биосорбент позволяет локализовать разлив за счет активного связывания нефтепродуктов сорбентом-носителем и обезвредить их при помощи микроорганизмов-нефтедеструкторов. Стоимость глины и отходов бурого угля в сотни раз ниже, чем искусственных сорбентов. Кроме того, глина и отходы бурого угля – довольно

распространенные компоненты во многих районах России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Каменников, Ф.А. Нефтяные сорбенты / Ф.А. Каменников, Е.И. Богомольный. – М.-Ижевск, 2008. С. 11.
2. Разработка технологии получения сорбентов из местного сырья для очистки водных объектов и почвы. Отчет Академии наук УР. – Ижевск, 1999. 65 с.
3. А.с. №1076446 Штамм *Pseudomonas putida* 36, используемый для очистки воды и почвы от нефти и нефтепродуктов. Бюллетень изобретений №38, 1984.

BIOSORBENT FOR OIL ELIMINATION FROM THE SURFACE OF WATER BASINS

© 2013 E.A. Kovalchuk

JSC “Uralekoresurs”, Perm

The offered biosorbent contains clay, wastage of brown coal enrichment and the bacteriemic strain of oildestrusting microorganisms genus *Pseudomonas*. Model experiences with waste boring waters in Oktyabrskiy district of Perm Krai showed that with use of an offered biosorbent water treatment from oil with initial maintenance of 68,5 g/l is carried out within 20 days for 98,8%. Biosorbent allows to eliminate oil spill and to increase ecological purity of a water basin.

Key words: biosorbent, clay, *Pseudomonas*, drill fluids, waste