



Таблица 2

Категории устойчивости массива (КУМ) [3]

Категория устойчивости массива (КУМ)	Характеристики трещин	K_T	f	L_k , см
Весьма устойчивый	Трещины закрытые или с прочным заполнителем	≤ 1	> 10	≥ 100
Устойчивый	Раскрытие трещин не более 0,2 мм, без глинки трения и зеркал скольжения	≤ 2	> 8	≥ 50
Средней устойчивости	Трещины в основном без глинки трения с раскрытием не более 1 мм, нет тектонических трещин, зеркал скольжения	≤ 5	> 6	≥ 20
Неустойчивый	Трещины раскрыты до 3-5 мм или заполнены милонитом, глиной трения; присутствуют тектонические трещины и зеркала скольжения	Не влияют		
Весьма неустойчивый	Зоны дробления, милонитизации, крупные тектонические нарушения	Не влияют		

Для обеспечения устойчивости стенок камер на больших глубинах можно применять штанговое крепление очистных камер. Крепление можно осуществлять в процессе проходки подэтажей. Длину шпуров рекомендуется выбирать из расчета установленных параметров растягивающих зон плюс расстояние до закрепления штанг в массиве примерно на 0.5 м. В этом случае длина крепежных штанг составит 2, 2.5, 3.5 м соответственно при выемочной мощности жилы 3, 10, 15 м. Вместо штанг, ввиду ограниченного очистного пространства, целесообразно применять тросо-

вое крепление. Математическое моделирование позволяет оценивать напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов систем разработки на различных стадиях выемки запасов. На основе данных моделирования представляется возможным обосновывать инженерные решения по обеспечению устойчивости целиков и обнажений кровли и в конечном итоге повысить безопасность ведения горных работ, полностью извлечения запасов и избежать техногенных катастроф.

Библиографический список

1. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках. М.: Недра, 1994. 208 с.
2. Технология разработки золоторудных месторождений / В.П. Неганов [и др.]; под ред. В.П. Неганова. М.: Недра. 1995.

- 336 с.
3. Шуплецов Ю.П. Прочность и деформируемость скальных массивов. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 195 с.

УДК 574

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ НЕФТЕШЛАМОВ И БУРОВЫХ ОТХОДОВ

С.С.Тимофеев¹, С.С.Тимофеева², С.А.Медведева³

Иркутский государственный технический университет,
664083, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Представлены характеристики нефтешламов и буровых отходов, рассмотрены технологии их переработки и утилизации. Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке технологии вермикомпостирования буровых шламов разведочных скважин.

Ил.2. Табл. 2. Библиогр.12 назв.

Ключевые слова: нефтешламы; буровые отходы; утилизация; биотехнология; вермикомпостирование.

BIOTECHNOLOGICAL UTILIZATION OF OIL SLUDGE AND DRILLING WASTES

S.S. Timofeev, S.S. Timofeeva, S.A. Medvedeva

Irkutsk State Technical University
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074

The authors present the characteristics of oil sludge and drilling wastes and examine the technologies of their recycling and utilization. The authors produce the results of experimental studies on the development of a vermicomposting technology for drilling wastes from exploratory wells.

2 figures. 2 tables. 12 sources.

Key words: oil sludge; drilling wastes; utilization; biotechnology; vermicomposting.

¹Тимофеев Семен Сергеевич, старший преподаватель кафедры промэкологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952)405671.

Timofeev Semen Sergeevich, a senior lecturer of the Chair of Industrial Ecology and Safety of Life Activity, tel.: (3952)405671.

²Тимофеева Светлана Семеновна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: 8(3952)405106.

Timofeeva Svetlana Semenovna, a doctor of technical sciences, a professor, the head of the Chair of Industrial Ecology and Safety of Life Activity, tel. 8(3952)405106.

³Медведева Светлана Алексеевна, доктор технических наук, профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности.

Medvedeva Svetlana Alekseevna, a doctor of technical sciences, a professor of the Chair of Industrial Ecology and Safety of Life Activity.



Освоение нефтяных месторождений Иркутской области набирает обороты. По территории области проложен 800-километровый участок трубопровода «Восточная Сибирь – Тихий океан», успешно работают ОАО «Верхнечонскнефтегаз», ОАО «Русиапетролеум». В тайге ведутся геологоразведочные работы, возводятся буровые вышки. Подобная масштабная активность вызывает беспокойство с точки зрения экологической безопасности. По нашему мнению, для обеспечения экологически безопасного и устойчивого развития необходимо:

- экологически обоснованное размещение производственных сил;
- экологически безопасное развитие промышленности, энергетики, транспорта и коммунального хозяйства;
- рациональное использование невозобновляемых ресурсов;
- расширенное использование вторичных ресурсов, утилизация, обезвреживание и захоронение отходов;
- совершенствование управления в области охраны окружающей среды, природопользования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Замедление инвестиционного процесса в нефтегазовой отрасли в настоящее время сопровождается все меньшими затратами предприятий на снижение техногенной нагрузки, с которой «не справляются» процессы естественного самоочищения, особенно на малоосвоенных территориях с суровыми климатическими условиями. Сложившаяся в Иркутской области ситуация образованием, использованием, обезвреживанием, хранением и захоронением отходов ведет к опасному загрязнению окружающей среды, нерациональному использованию природных ресурсов, значительному экологическому ущербу и реально угрожает здоровью населения региона и страны в целом.

Сегодня на территории Иркутской области, где сосредоточена переработка нефти на ОАО «Ангарская нефтехимическая компания», проходит нефтепровод, имеется разветвленная сеть нефтепродуктообеспечения, образуется большое количество нефтешламов, которые частично перерабатываются, а чаще всего накапливаются в шламонакопителях. К уже имеющимся проблемам утилизации отходов нефтехимии добавляются проблемы утилизации нефтешламов, образующихся при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промысловой эксплуатации месторождений, при чистке резервуаров и другого оборудования.

Нефтешламы по составу чрезвычайно разнообразны и представляют собой сложные системы, состоящие из нефтепродуктов, воды и выбуренной минеральной части (породы, песка, глины, ила и т.п.), соотношение которых колеблется в широких пределах. Состав шламов может существенно различаться, так как зависит от типа, глубины переработки сырья, схем переработки, оборудования и т.д. В основном, шламы представляют собой нефтяные остатки, в среднем содержащие (по массе) 10-60% нефтепродуктов, 30-80% воды, 2-46% твердых примесей [1].

В соответствии с действующим законодательст-

вом предприятия обязаны проводить инвентаризацию отходов и рассчитывать экологические платежи, оценивать материальный ущерб или риск возникновения аварийных ситуаций при обращении с отходами. В процессе инвентаризации составляется материальный баланс предприятия, рассчитывается количество образующихся отходов и устанавливается их класс опасности. В соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов, нефтешламы относят в основном к токсичным и умеренно опасным производственным отходам 2 и 3 класса опасности. Согласно ФККО отработанные минеральные масла (моторные, автомобильные, дизельные, авиационные, промышленные, трансмиссионные, компрессорные, турбинные, смазочно-охлаждающие жидкости), а также шлам нефтеотделительных установок, шлам очистки нефтеналивных судов, трубопроводов, емкостей, бочек, контейнеров, цистерн от нефти относят к 3 классу опасности. Отходы твердых производственных материалов, загрязненных нефтяными и минеральными жировыми продуктами (обтирочный материал, замасленные окалины, отработанный активированный уголь и т.д.), в зависимости от содержания нефтепродуктов относят к 4 классу (содержание нефтепродуктов менее 15%) [2,5]. Буровые шламы, образующиеся в технологических процессах добычи нефти, могут быть отнесены к 3 классу опасности.

К настоящему времени разработано уже много методов обезвреживания и утилизации нефтепродуктов и выбор метода переработки зависит в первую очередь от количества содержащихся в шламах нефтепродуктов и объемов отходов [1,4,6]. На практике используются термические, химические, физико-химические методы переработки, а также в последнее время все большее применение находят методы биологической переработки.

Чаще всего применяют следующие методы (или их комбинации) обезвреживания и переработки нефтяных шламов:

- сжигание нефтяных шламов в виде водных эмульсий и утилизация выделяющегося тепла и газов;
- обезвоживание или сушка нефтешламов с возвратом нефтепродуктов в производство, а сточных вод в оборотную циркуляцию и последующим захоронением твердых остатков;
- переработка нефтяных шламов на газ и парогаз, в нефтепродукты;
- использование нефтешламов в качестве сырья в других отраслях народного хозяйства;
- отверждение нефтешламов специальными консолидирующими составами с последующим использованием в других отраслях или захоронением на специальных полигонах.

Наиболее эффективно осуществлять переработку нефтешламов силами предприятий-производителей этих отходов, путем организации на них участков обезвреживания на базе компактных установок. Это, прежде всего, термические и химические методы. Чаще всего предприятия отдают предпочтение термическим методам, несмотря на то, что они хотя и эффек-



тивны, но не всегда экономически рентабельны.

Наибольшее распространение получили следующие методы сжигания нефтешламов:

- во вращающихся барабанных печах;
- в печах с кипящим слоем теплоносителя;
- в объеме топок с использованием форсунок;
- в топке с барботажными горелками, где одновременно можно сжигать загрязненные фильтры, промасленную ветошь, твердые бытовые отходы.

Образующиеся при этом вторичные отходы относятся к 4 классу опасности и подлежат вывозу на полигоны захоронения. Объемы вторичных отходов по сравнению с исходными объемами уменьшаются в 10 раз.

При химическом обезвреживании из шлама получают материалы, которые используются в дорожном строительстве в качестве компонентов асфальтобетонных смесей, а также в качестве конструктивных элементов автодорог, гидропрерывающих и «дополнительных слоев земляного полотна автодорог». Нефтешламы также могут применяться для получения битумных вяжущих материалов. В частности, в Иркутской области работают участки переработки нефтешламов и получения битумов на АНХК по технологиям, предложенным сотрудниками ИргТУ.

Биологические методы обезвреживания нефтешламов являются наиболее экологически чистыми, но область их применения ограничивается конкретными условиями: диапазоном активности биопрепаратов, температурой, кислотностью, толщиной нефтезагрязнения, аэробными условиями.

В последние годы, как за рубежом, так и в России разработана серия биопрепаратов для обезвреживания нефтезагрязнений различного состава.

Сегодня рекомендованы биопрепараты, созданные на базе селекционированных микроорганизмов-деструкторов: «Олеворин», «Unigem», «Валентис», «Bio-gem», «Нафтокс», «Микромицест», «Пустидойл», «Десна» и др. [7].

Фирма «Полиформ» с 1992 года занимается разработкой и внедрением технологии очистки объектов окружающей среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Создана уникальная биотехнология «Сойлекс». Применяемый биопрепарат содержит культуру нефтеокисляющих микроорганизмов и минеральные удобрения – источники азота, фосфора и калия, взятые в оптимальном соотношении к единице углеводорода. Биопрепарат сохраняет высокую деструктивную активность в широком диапазоне pH (4,8–8,5) и положительных температур окружающей среды (от 3°C до 40°C) в почвах различных типов, имеющих различный гранулометрический и химический состав.

Предложен препарат «Эконадин» – сорбент и деструктор углеводородов нефти, основанный на использовании непатогенных высокоактивных бактерий деструкторов рода *Pseudomonas*, иммобилизованных по специальной технологии на природном органическом субстрате – торфе [8].

Начиная с 90-х годов XX века, в России наблюдается повышенный интерес к опробованию и внедрению экологических биотехнологий по переработке и утилизации осадков, образующихся при биологической очистке сточных вод. Особенно пристальное внимание уделяется наиболее перспективному направлению – вермикомпостированию, которое позволяет не только избавиться от огромных масс органических отходов, но и перевести их в ценное органическое удобрение с высокой степенью гумификации. В результате круговорота веществ на планете процессы почвообразования и гумификации происходят стихийно, и задача состоит в том, чтобы использовать природные механизмы в технологическом процессе.

В основе технологии вермикомпостирования лежат природные механизмы. В результате биохимических реакций, происходящих под воздействием почвенных животных и микроорганизмов, в промышленных условиях происходит управляемый процесс трансформации органических отходов и осадков сточных вод в биогумус. Задача заключается в оптимизации процесса на каждом этапе вермикомпостирования. К настоящему времени отработаны технологии переработки отходов животноводства и птицеводства в высококачественные удобрения «Биогумус».

Пионерами распространения технологии вермикомпостирования в России являются научные учреждения Санкт-Петербурга, объединенные в рамках некоммерческой научной программы «Вермикультура». Ими отработана и рекомендована для внедрения грядная технология вермикомпостирования, однако эта технология имеет ряд существенных недостатков, среди которых главный – большие производственные площади.

В Иркутской области технологии вермикомпостирования разрабатывались и внедрялись учеными классического и технического университетов [10]. Под руководством С.С. Тимофеевой были выполнены ис-

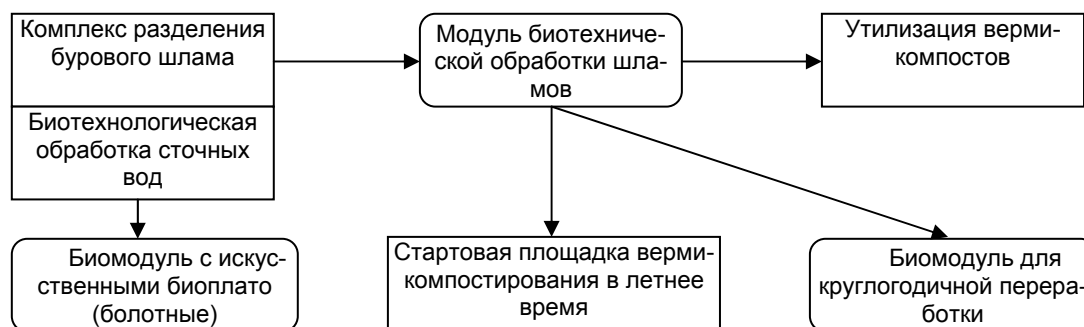


Рис.1. Схема переработки отходов



следования по разработке технологии переработки осадков сточных вод целлюлозно-бумажного и гидролизного производств, объектов нефтехимии, под руководством проф. Д.И.Стома изучены и определены режимы переработки шламовых отходов химического производства (ОАО «Саянскимпласт»), а также выполнен большой объем токсикологических исследований по оценке воздействия нефтепродуктов на вермиккультуру.

В настоящей работе представлены результаты исследований по разработке технологии переработки амбарных шламов разведочных скважин с последующей утилизацией бурового шлама вермикомпостированием. Процесс ликвидации амбара можно разделить на следующие технологические стадии:

- отделение жидкой фазы и биотехнологическая обработка воды с последующим возвратом ее в технологический процесс или сбросом на рельеф;
- обезвоживание и обезвреживание бурового шлама вермикомпостированием;
- утилизация бурового шлама в качестве удобрения.

Схема переработки отходов представлена на рис.1.

На первом этапе предусматривается подавать сточную воду из амбаров в каскад котлованов, где высажены определенные виды водной и водноболотной растительности, выполняющие роль биофильтров и бидеструкторов. Очищенная вода возвращается для дальнейшего использования: для обмыва площадок,

солончаковых, песчаных, супесчаных почв.

В настоящей работе отработаны технологические режимы стадии вермикомпостирования буровых шламов из амбаров разведочных скважин Катангского района Иркутской области.

При выполнении работы использовали собственные методики [9], а также данные Е.В.Антоновой и Д.И.Стома [10] по оценке токсикорезистентности красных калифорнийских червей и возможности их адаптации, особенно коконов, к нефти и низким температурам, а также условиям транспортировки [11].

Исследования по поиску оптимальных режимов вермикомпостирования буровых шламов проводили путем лабораторного моделирования технологии в контейнерах из органического стекла. В контейнеры помещали композиции из бурового шлама и наполнителя, вносили культуру красных калифорнийских червей *Eisenia foetida*, поддерживали оптимальный влажностный и температурный режим. В качестве наполнителей использовали: сухую хвою, кору сосны и лиственницы, древесные опилки, торфообразующий сфагновый мох (*Sphagnum*), отходы пищеблока (картофельные очистки).

По окончании вермикомпостирования отделяли червей грохочением и встряхиванием на ситах, изучали физико-химические характеристики полученных вермикомпостов, фракционный и химический составы.

Фракционный состав вермикомпостов приведен в табл. 1.

Таблица 1

Результаты фракционного анализа исходных шламов и продуктов вермикомпостирования

Образцы	Фракция, %						
	+10	-10+7	-5+3	-3+2	-2+1	-1-0	
Кора исходная	47,5	13,2	11,6	27,6			
Вермикомпост из коры	21,9	18,0	27,5	32,5			
Кора – буровой шлам							
1:1	34,5	13,5	10,2	28,6	10,1	3,1	
1:10	29,4	26,0	5,4	16,2	14,0	5,4	
Вермикомпост из смеси кора – буровой шлам							
1:1	29,4	33,6	12,2	16,6	6,5	1,5	0,1
1:10	24,6	22,5	16,1	24,6	9,2	2,5	0,2
Опилки	20,2	18,0	16,2	12,3	7,2	13,8	12,1
Опилки – буровой шлам							
1:1	-	25,4	8,8	20,8	16,6	16,3	0,7
1:10	-	-	10,2	19,5	17,8	30,9	21,5
Вермикомпост из опилок и бурового шлама							
1:1	5,4	19,5	24,2	23,2	16,6	10,3	0,7
1:10	-	4,7	24,5	28,4	25,8	15,3	1,3

оборудования, охлаждения штоков, приготовления растворов и т.д.

На этапе биотехнологической обработки буровых шламов предусматривается подготовка их к процессу переработки вермикомпостированием путем составления композиций на основе мха-сфагнума, отходов лесопиления (коры, опилок), бытовых отходов (от пищеблока), внесение вермиккультуры и контроль за технологическим процессом (рис. 2).

На последнем этапе предполагается внесение переработанных отходов в почву для обогащения

Гранулометрический анализ показал, что в процессе вермикомпостирования происходит структурирование материалов, крупные частицы коры измельчаются, а преимущественно мелкодисперсные фракции укрупняются. Путем щелочного гидролиза из образцов вермикомпостов выделены гуминовые и фульвокислоты, их суммарное содержание достигает 51% от массы материала.

Таким образом, установлено, что в процессе вермикомпостирования происходит окислительная деструкция органических веществ в гумус.



Рис.2. Схема биотехнологической утилизации буровых шламов

Как известно, превращение органических веществ в гумус представляет собой сложный биохимический процесс, в котором участвуют различные группы ферментов и прежде всего внеклеточные. Процесс гумификации, в том числе и нефтепродуктов, представляет собой двухфазный процесс:

1. Разложение исходных органических остатков до более простых мономеров (фенолов).
2. Синтез органических веществ с образованием высокомолекулярных специфической природы гумусовых веществ.

В этом процессе участвуют окислительно-восстановительные ферменты, такие как пероксидаза, полифенолоксидаза, каталаза. Поэтому для диагностики качества вермикомпостов предлагается [10] определить ферментный потенциал: чем выше уровень оксидоредуктаз, тем интенсивнее идет процесс гумусообразования. В табл.2 приведены результаты определения ферментного потенциала вермикомпостов из исследованных композиций.

Ферментный потенциал вермикомпостов существенно изменяется в зависимости от природы сырья, условий обработки и хранения. Наибольший уровень ферментативной активности обнаружен в компостах из древесных опилок и бурового шлама, а также сфагнома и бурового шлама в соотношении 1:10.

Таким образом, установлено, что в процессе вермикомпостирования буровых шламов образуются продукты, по своим агрохимическим показателям и уров-

ню ферментативной активности пригодные для использования в качестве органических удобрений. Это позволяет сделать вывод о целесообразности применения биотехнологии для переработки буровых шламов разведочных скважин.

Таблица 2
Ферментный потенциал в исходном сырье и вермикомпостах

Образец вермикомпоста	Ферментный потенциал, $\text{мкмоль} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{мл}^{-1}$		
	Каталаза	Пероксидаза	Полифенолоксидаза
Кора: буровой шлам			
1:1	0,08	1,2	0,42
1:10	0,1	1,8	0,42
Древесные опилки: буровой шлам			
1:1	0,03	0,2	0,28
1:10	0,09	1,8	0,46
Сфагнум: буровой шлам			
1:1	0,8	0,86	0,58
1:10	0,9	1,95	0,70

Технологическая схема переработки буровых шламов разведочных скважин Иркутской области может быть следующей.

Технико-экономическая оценка предлагаемой технологии по сравнению с другими методами позволяет заключить, что данная технология кроме положитель-



ной стороны – экологичности, является малозатратной: один раз закупив вермикультуру, можно передавать ее с одной буровой на другую, минимизируя экологические платежи предприятия. Тем более что в Иркутской области имеется большой опыт переработки отходов в биогумус (например, на Белореченской птицефабрике). Предприятие имеет дополнительный источник доходов, реализуя биогумус в розничной торговле, а также вывозя его на поля. Для северных территорий в условиях экспедиций переработанные отходы могут быть использованы для выращивания свежей зелени, растениеводческой продукции.

В пользу целесообразности использования технологии свидетельствуют публикации последних лет по

использованию сорбционно-биологической технологии на основе канадского сфагнового мха *Canadia Sphagnum Peat Moss* (торговые марки «Spill-sorb» и «Naturesorb»). После модификации торфяной сфагновый мох становится адсорбентом, который, не выпуская поглощенный углеводород, активизирует процесс его разложения внутри себя. Сорбент высыпают на место разлива нефтепродукта и оставляют на определенное время. При возможности и необходимости отработанный сорбент можно компостировать или сжигать. Данный материал уже более 10 лет успешно используется международными корпорациями для восстановления загрязненных участков почвы.

Библиографический список

1. Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Изд-во «Дело», 2006. 552 с.
2. Федеральный классификационный каталог отходов, утвержденный приказом МПР РФ от 2.11.02 №786.
3. Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды, утвержденные приказом МПР РФ от 15.06.01, №511.
4. Мазлова Е.А., Мещеряков С.В. Проблемы утилизации нефтешламов и способы их переработки. М., 2001. 180 с.
5. Ягафарова Г.Г., Мавлютов М.Р., Барахнина В.Б. Биотехнологический способ утилизации нефтешламов и буровых отходов // Горный вестник. 1998. №4. С. 43-46.
6. Дьяченко Г.П., Арсланбеков А.Р., Ушаков С.И. Внедрение технологии переработки буровых шламов // Экология производства. 2009. №8. С. 64-68.
7. Кожанова Г.А., Васильева Т.В., Бобренкова И.С., Гудзенко Т.В. Нефтяные загрязнения, их биологическая активность и проблемы ликвидации // Микробиолог. журнал. 1994. Т.56, №2. С.68-69.
8. Кожанова Г.А., Бобренкова Н.С., Гудзенко Т.В. Биопрепарат «Екондін» в стратегії захисту від нафтового забруднення акваторій та берегових об'єктів морського господарського комплексу Чорноморського басейну // Науково-технічний журнал «Вісник Українського Будинку економічних та науково-технічних знань» №2. 1998. С. 68-69.
9. Тимофеева С.С., Скороходова Е.В. Ферментный потенциал как показатель качества вермикомпостов из осадков сточных вод // Экологически чистые технологические процессы в решении проблем охраны окружающей среды. Иркутск, 2005. Т.2. С. 229-231.
10. Антонова Е.В. Вермитрансформация сточных вод химических предприятий / Дис. канд. биол. наук. Иркутск, 2001.
11. Антонова Е.В., Стом Д.М., Потапов Д.С. Оценка токсикорезистентности коконов земляных червей к нефти и нефтепродуктам // Биоразнообразие байкальского региона: труды биолого-почвенного факультета ИГУ. Вып.2. 2000. С. 35-40.
12. Ивасишин П.Л. Ликвидация последствий нефтеразливов посредством биоразлагающих сорбентов // Экология производства. 2009. №5. С. 67-69.