© Е.А. Ельчанинов, Б.П. Кузнецов, 2006

УДК 662.69

*Е.А. Ельчанинов, Б.П. Кузнецов*

# *НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И ПОДГОТОВКИ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ЕГО ПРОМЫШЛЕННЫМ ПОТРЕБИТЕЛЯМ*

**Семинар № 10**

Одна из основных задач, стоящих перед угольной промышленностью, является сокращение выбросов сопутствующих ресурсов в окружающую среду. В связи с этим необходимо ориентироваться на максимальное их использование в различ-ных отраслях хозяйства путем утили-зации и получения новых видов то-варной продукции. Одним из сопутствующих ресурсов является метан угольных пластов.

Для эффективной утилизации сопутствующего метана созданы и создаются технологии и оборудование для производства тепловой, электрической и химической продукции работающие на метане стабильного качества (концентрация, давление, влаж-ность и дебит). К сожалению, сущест-вующие в настоящее время в России технологии и системы извлечения метана угольных пластов не могут обеспечить требуемое качество для действующих промышленных установок и технологий использования извлекаемого метана, в связи с этим существует необходимость создания системы, являющейся демпфером для утилизационных установок от нестабильности качества извлекаемого метана (метановоздушной смеси). Таким демпфером, по нашему мнению, является система сбора, подготовки и транспортирования к потребителю метана, обслуживающая куст скважин на шахтном поле, ряд шахтных полей, в целом угольное месторождение, и далее весь угольный бассейн. При этом качество выдаваемой газовоздушной смеси из системы должно удовлетворять многообразие требований всех подключенных потребителей к системе.

Предлагаемая система представляет собой ряд самостоятельных технологий сбора, подготовки и транспортирования МВС, способных в полной мере обеспечить энергетическими и сырьевыми ресурсами промышленные установки малой энергетики и теплофикации регионов, а также производство химической продукции. Создание единой газовой системы, объединяющей горные отводы ряда шахт в каждом регионе, является гарантией бесперебойного газоснабжения энергетических, тепловых и химических установок метаном требуемого качества.

В этом звене особо важным является конструирование и развитие технологий сбора, подготовки и транспортирования каптируемого метана, в связи с проводимой реструктуризации угольной промышленности. В угледобывающих регионах отсутствуют государственные газопроводы и при ликвидации шахт эти регионы испытывают определенный дефицит энергоносителей.

Надежность газоснабжения с использованием каптируемого метана может быть достигнута благодаря новым техническим решениям по его сбору и подготовке для транспортирования к утилизационным промышленным установкам, эффективной автоматизированной системе контроля и управления качеством метана в транспортной системе.

В перспективе возникает необходимость создания единой газотранспортной системы, включающей технологии сбора и подготовки метана из всех источников, т.е. из нетронутых угольных пластов, из дегазационных систем разрабатываемых пластов, из выработанных пространств ликвидированных шахт и из вентиляционных систем действующих шахт, в каждом бассейне (Кузнецком и Печерском).

Успешное выполнение этой задачи в значительной мере зависит от решения новых научно-технических проблем в области извлечения метана угольных пластов из всех возможных источников, сбора и подготовки для передачи потребителям, создания автоматизированной системы контроля и управления его качеством для обеспечения эффективности утилизации.

Анализ существующего положения показывает, что изначально извлечение метана из угольных пластов и вмещающих пород было предназначено для обеспечения безопасности ведения горных работ и ни в коей мере не для утилизации. Это в свое время определило отношение к транспортным системам газа дегазации. Развитие газотрубопроводный транспорт со всеми элементами контроля получил только в горных выработках шахт, т.е. от скважин дегазации до вакуумных насосных станций, а далее производили выброс в атмосферу или сжигали в факелах и только порядка 10 % использовали в топках шахтных котельных. Протяженность такого трубопровода не превышает 2-3 км. При этом трубопровод оснащен средствами контроля дебита и концентрации извлекаемого метана, а также оснащен защитной аппаратурой, но отсутствуют элементы управления.

Нами рассмотрен опыт транспорта газа в газовой промышленности и установлено, что параметры его резко отличаются от требуемых параметров газопроводов для метана угольных пластов.

Так расстояния передачи газа в газовой промышленности превышают 3 тыс. км и представляют сложную систему подготовки и перекачки его на большие расстояния. Для прокладки газопроводов используются металлические трубы большого диаметра, выдерживающие высокое давление. Диаметр труб 720, 820, 1020, 1220 и 1420 мм. Производительность таких газопроводов составляет 10-30 млрд м$^3$ газа в год. Рабочее давление в газопроводах равно 55-75 кгс/см$^2$ [18]. От них ответвляются газораспределительные сети имеющие три уровня давления: низкое до 0,03 кгс/см$^2$, среднее от 0,5 до 3 кгс/см$^2$ и высокое от 6 до 12 кгс/см$^2$. Распределительные газопроводы высокого давления от 6 до 12 кгс/см$^2$ обеспечивают подачу газа к газгольдерным станциям и отдельным промышленным предприятиям.

Стоимость транспорта 1000 м$^3$ газа на расстояние 100 км колеблется от 1,2 до 1,8 долл. [18].

В США, Канаде и Южной Америке (Колумбия и Венесуэла) для прокладки газопроводов используются алюминиевые трубы (подземные, наземные и подводные трубопроводы). Проложено около 1600 км и считаются более экономичными, чем стальные. Кроме того, при транспортировании газов, вызывающих коррозию, алюминиевые трубопроводы более долговечны, за счет

этого они оказываются дешевле, чем стальные. Соединение алюминиевых труб производится сваркой как ручной, так и автоматической.

Последние годы широко используют пластиковые трубы для низконапорных газопроводов. Основную массу пластмассовых труб (гибких и жестких армированных) изготавливают из термопластичных материалов. Термореактивные смолы используются только в тех случаях, когда трубы из термопластичных продуктов не могут применяться из-за высоких давлений, повышенных температур и значительной коррозионной опасности.

Пластмассовые трубы изготавливаются плетями длиной 40 м. Диаметр труб от 12 до 150 мм. При укладке плети свариваются.

Преимущества пластиковых труб: малый коэффициент трения, снижающий перепад давления по длине трубы; малый вес, в результате чего снижаются расходы на транспор-тирование труб и их укладку; низкая теплопроводность, что позволяет отказаться от теплоизоляции; сравни-тельно низкая стоимость.

Недостатки: невысокая механическая прочность, пониженная термостойкость, низкая сопротивляемость абразивному износу, малая ударная вязкость, высокий коэффициент температурного расширения.

При подготовке метана угольных пластов к транспортированию по трубопроводам его подвергают глубокой очистке от механических примесей, конденсата и капельной влаги. Это обусловлено необходимостью улучшения условий транспорта, а также требованиями потребителей. Газ подвергается глубокой осушке во избежание выпадения конденсата и его замерзания в период низких температур. Технологические схемы установок для осушки, применяемые в России принципиально не отличаются от применяемых за рубежом и в частности в США, однако они не могут быть использованы при сборе и транспортировании метана угольных пластов, т.к. его объемы на два порядка ниже по сравнению с объемами промыслового газа.

Газораспределительные станции (ГРС) являются наиболее ответственными и сложными объектами на магистральных газопроводах. Основное их назначение - очистка от механических загрязнений, поддержание давления до заданных значений, замер объема и одоризация газа направляемого к контрольно регулирующим устройствам потребителей.

Основные требования, предъявляемые к газораспределительным стан-циям - высокая точность измерений параметров качества газа, отпускаемого потребителям, и поддержание требуемых параметров на выходе из системы.

Все сказанное свидетельствует о том, что основное оборудование, используемое при транспортировании газа по газопроводам газовой промышленностью, не может быть использовано для организации системы сбора, подготовки и транспорта метана угольных пластов извлекаемого технологиями дегазации применяемыми на шахтах по следующим причинам:

- трубы магистральных газопроводов имеют большой диаметр и предусматривают пропуск десятков млрд. $м^3$ газа в год, что на два порядка выше, чем предусматривается транспортировать метана угольных пластов;

- оборудование для сбора и подготовки газа мощное и дорогостоящее - компрессоры, устройства для очистки от механических примесей и влаги, значительно превышают параметры, потребные для эффективной работы системы транспорта метана угольных пластов.

Вспомогательное оборудование газопроводов, запорная и регулирующая арматура, обеспечивающая подачу и распределение газа по потребителям, а также пластиковые трубы, изготавливаемые в газовой промышленности, могут быть привлечены (использованы) для создания газопроводов для транспортирования метана угольных пластов.

Для проектирования, строительства и эксплуатации системы сбора, подготовки и транспортирования метана угольных пластов, разработаны технические требования, которые определяют порядок, оборудование, аппаратуру, средства автоматики и другие элементы системы, позволяющие безопасно и эффективно, в автоматическом режиме, утилизировать метан угольных пластов, извлекаемого из всех видов источников, требуемого качества, с последующей передачи его потребителям для производства тепловой, электрической и химической продукции.

В проекте системы сбора, подготовки и транспортирования метана угольных пластов должны быть учтены следующие показатели: характеристика газоносности дегазируемого участка, ожидаемый объем каптируемого метана, расчетный срок функционирования дегазационных скважин, характеристика одновременно работающих дегазационных установок и их количество, перечень комплектующего оборудования и приборов, экономический расчет, экологическая оценка транспортной системы.

Минимальная концентрация метана в метановоздушной смеси должна устанавливаться в соответствии с технологическим процессом и технической характеристикой утилизационной установки и требованиями безопасной ее работы. При утилизации в химических установках снижение установленной технологическим регламентом концентрации метана не допускается. При использовании в установках для получения тепловой и электрической энергии возможны колебания концентрации в пределах безопасной границы, т.е. не ниже 25 %, если регламентом технологии не предусмотрены более низкие пределы концентрации (0,5-3,5 %). При снижении концентрации ниже 25 % система автоматически выполняет операции по ее повышению и стабилизации или снижению концентрации до нижнего взрывобезопасного предела.

В проекте системы даются решения по основным узлам и в целом по всей цепи сбора и транспорта МВС, закладывается соответствующее оборудование, аппараты, приборы. В проекте рассматриваются как альтернативные решения транспорта газообразных веществ в газовой, химической и других отраслях промышленности с учетом отечественной и зарубежной практики.

При разработке проекта учитываются условия конкретного бассейна, района, месторождения, шахтного поля.


***Коротко об авторах***

*Ельчанинов Евгений Александрович* – профессор, доктор технических наук,

*Кузнецов Б.П.* –

кафедра «Инженерная защита окружающей среды», Московский государственный горный университет.



**© С.В. Чмыхалова, О.В.Морозова, 2006**

УДК 502/504.001.57

*С.В. Чмыхалова, О.В.Морозова*

# *МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕДИ ИЗ МИНЕРАЛОВ В СКЛАДИРОВАННЫХ ХВОСТАХ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК*

**Семинар № 10**

Складированные хвосты обогатительных фабрик представляют собой значительную угрозу окружающей среде. Негативное воздействие связано в первую очередь с загрязнением природных вод продуктами окисления минералов тяжелых металлов: меди, свинца, цинка и железа. Необходимо отметить, что максимальные концентрации ионов тяжелых металлов содержатся в дренажных водах, скапливающихся в фильтрационных слоях.

Хвостовое хозяйство обогатительной фабрики СП «Эрденет» представляет собой комплекс гидротехнических сооружений, включающий в себя:

- систему гидротранспорта и гидравлической укладки хвостов в хвостохранилище;
- систему сооружений складирования хвостов;
- систему сооружений оборотного водоснабжения;
- систему сооружений охраны окружающей среды.

Площадка хвостохранилища расположена в 5 км к северу от обогатительной фабрики в долине реки Зуны-Гол. С двух сторон хвостохранилище ограничено бортами долины, с третьей – плотиной (дамбой). Хвостохранилище обеспечит складирование хвостов в течение 40 лет эксплуатации. Проектная емкость хвостохранилища составляет 507 млн м$^3$ (свыше 1,3 млрд т, площадь – 1800 га (3х6 км).

Из общего водного баланса 85% воды (осветленные воды) направляется на фабрику. Около 10 % от поступающей в хвостохранилище воды фильтруется через его основание и выводится совместно с входящими грунтовыми потоками под основанием дамбы. Часть фильтрата поступает в русло реки, более глубокие потоки (дренажные воды) перехватываются специальным каналом, играющим роль как отстойника, так и дополнительного резервуара оборотной воды, и используются для нужд технологического процесса. Осветленная вода из отстойного пруда хвостохранилища и дренажные воды поступают в насосную станцию оборотного водоснабжения, откуда перекачиваются в резервуары на промплощадке ОФ.

На рис. 1 схематически изображен разрез хвостохранилища. Анализ строения хранилища отвальных продуктов флотационного обогащения медно-молибденовых руд с учетом различий в протекающих в них химических и электрохимических процессов позволяет выделить четыре основные зоны, существенно отличающиеся по химизму протекающих в них процессов.

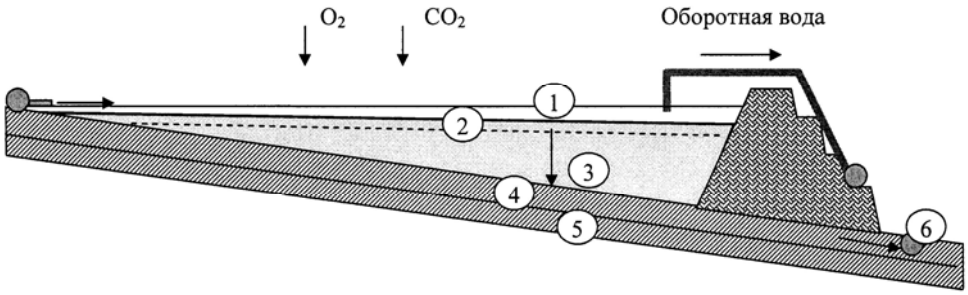


***Рис. 1. Структура хвостохранилища:*** *1* - зона осветленной воды; *2* - зона свежих песков; *3* - зона окисленных песков; *4* - зона фильтрации; *5* - подпорные слои глины; *6* - дренажные воды (сборный колодец)

Состав дренажных вод значительно отличается от состава верхних стоков хвостохранилищ (табл. 1). Причиной таких отличий являются окислительные процессы, протекающие в массиве складированных хвостов.

Моделирование и анализ процессов в водной среде и на минералах в массе складированных хвостов может быть осуществлены на основе термодинамического анализа состояния сульфидных минералов и продуктов окисления, выполненного в виде диаграммы термодинамически стабильных соединений в координатах Lg $[CO_3]$ – pH. Методика расчетов соответствовала классической, изложенной в работе [1]

В расчет принимались реакции, проходящие с участием продуктов окислении медных минералов (табл. 2).

Номера реакций, соответствующие реальным переходам в рассматриваемой термодинамической системе, обозначены на полях диаграммы термодинамической стабильности соединений меди, представленной на рис. 1.

Выбор в качестве координат диаграммы суммарной концентрации карбонатных ионов и угольной кислоты $[CO_3]$ и pH обусловлен тем, что именно эти параметры изменяются в наибольшей мере в объеме складированных хвостов.

Зона 1 характеризуется высокими концентрациями кислорода и углекисло-

Таблица 1

***Результаты анализа состава жидкой фазы складированных хвостов обогатительной фабрики, перерабатывающей медно-молибденовые руды***

| Параметры | Зона осветл. воды | Зона свежих песков | Зона окисл. песков | Зона фильтрации |
|---|---|---|---|---|
| $P_{O2}$, атм. | 0.12 | 0.12 | 0.01 – 0.12 | 0.01 |
| $P_{CO2}$, атм. | 0.03 | 0.02 | $10^{-5}$ – 0.02 | $10^{-5}$ |
| pH | 10.4 | 10.0 | 5.6 – 10.0 | 5.4 |
| [Cu], моль/л | $10^{-9}$ | $10^{-8}$ | $10^{-5}$ – $10^{-8}$ | $10^{-5}$ - $10^{-4}$ |
| $[SO_4^{2-}]$, моль/л | $10^{-4}$ | $10^{-3.7}$ | $10^{-3.7}$ -$10^{-3,3}$ | $10^{-3,3}$ |
| $[S_2O_3^{2-}]$, моль/л | $10^{-3.7}$ | $10^{-3.5}$ | $10^{-3.5}$ – $10^{-3.3}$ | $10^{-3.3}$ |
| [Fe], моль/л | $10^{-10}$ | $10^{-9}$ | $10^{-9}$ – $10^{-5}$ | $10^{-5}$ - $10^{-4}$ |

Таблица 2

***Термодинамические параметры реакций с участием меди в твердой и водной среде складированных хвостов***

| №№ | Уравнения реакций | $\Delta G^0$ | LgK |
|---|---|---|---|
| 1 | $Cu^{2+} + H_2CO_3 = CuCO_3 + 2H^+$ | 9,67 | -7,09 |
| 2 | $Cu^{2+} + HCO_3^- = CuCO_3 + H^+$ | 0,98 | -0,71 |
| 3 | $Cu^{2+} + CO_3^{2-} = CuCO_3$ | -13,11 | 9,62 |
| 4 | $2Cu^{2+} + H_2CO_3 + 2H_2O = Cu_2(OH)_2CO_3 + 4H^+$ | 14,88 | -10,91 |
| 5 | $2Cu^{2+} + HCO_3^- + 2H_2O = Cu_2(OH)_2CO_3 + 3H^+$ | 6,19 | -4,54 |
| 6 | $2Cu^{2+} + 2H_2O = 2Cu(OH)_2 + 2H^+$ | 12,55 | -9,2 |
| 7 | $Cu_2(OH)_2CO_3 + 2H_2O = 2Cu(OH)_2 + HCO_3^-$ | 18,91 | -13,87 |
| 8 | $Cu_2(OH)_2CO_3 + 2H_2O = 2Cu(OH)_2 + CO_3^{2-} + 2H^+$ | 33,0 | -24,21 |
| 9 | $Cu(OH)_2 = CuO_2^{2-} + 2H^+$ | 41,8 | -30,67 |

го газа, щелочной средой и крайне низкими концентрациями ионов тяжелых металлов. Зона 2 по составу незначительно отличается от зоны 1, однако в ней происходят интенсивные окислительные процессы на сульфидных минералах, описываемые для сульфидов меди и железа уравнениями:

$$2CuFeS_2 + CO_2 + 4H_2O + 6O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + Cu_2(OH)_2CO_3 + 8H^+ + +4SO_4^{2-} \quad (1)$$

$$2FeS_2 + 6O_2 + 7H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + +8H^+ + 4SO_4^{2-} \quad (2)$$

Образующиеся продукты окисления – гидроксокарбонаты и гидроокислы металлов (рис. 2. зона 2) остаются в твердом состоянии на поверхности минеральных зерен. Высокое значение pH и относительно высокая концентрация карбонатных ионов препятствует их переходу в фильтрат. Зона 3 принципиально отличается от зоны 2 тем, что в ней происходит инверсия pH от щелочной к кислой (рис. 2). Причиной закисления фильтрата являются образующиеся продукты окисления серы сульфидных минералов (уравнения 1,2). В нижней области зоны 3 величина pH достигает значений, при которых становится термодинамически возможным растворение окисленных форм меди и переход катионов меди в фильтрат. Именно в нижней части зоны 3 происходит интенсивное выщелачивание меди из твердой фазы. В зоне 4 в отсутствии интенсивного привноса компонентов с приповерхностными водами состав дренажных вод остается стабильным.

Анализ полученных результатов показывает, что необходимым условием роста в дренажных водах концентраций ионов тяжелых металлов до технологически и экологически вредных значений ($10^{-5}$-$10^{-4}$ моль/л или 0,5-5,0 мг/л) является интенсивное окисление и выщелачивание меди. Очевидно, что интенсифицирующим фактором является проникающий в массу хвостов кислород и повышенная температура. Сдерживающими факторами являются щелочная среда сбрасываемых свежих хвостов. Влияние карбонатных ионов имеет неоднозначный характер. С одной стороны, как видно из диаграммы на рис. 2, увеличение концентрации карбонатных ионов ведет к связыванию меди в нерастворимый гидроксокарбонат. С другой стороны, если источником карбонатных ионов является углекислота воздуха, ее диссоциация сопровождается снижением pH, что ведет к растворению окисленных соединений меди. Ответ о характере влияния на процесс окисления и

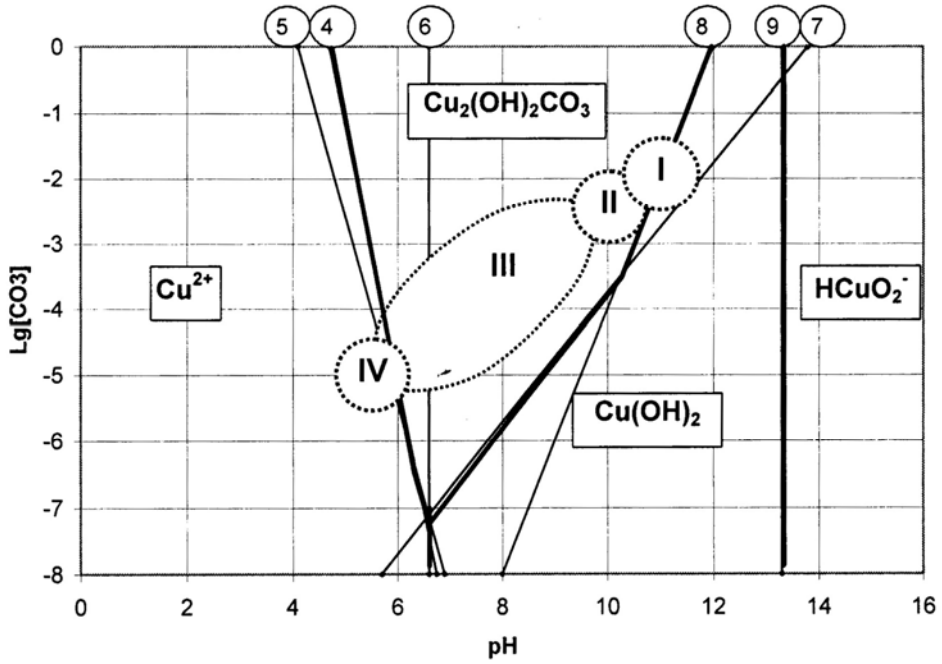


***Рис. 2. Диаграмма термодинамической стабильности меди в окислительных условиях в условиях доступа углекислоты с обозначением основных структурных зон хвостохранилища:*** *1* – зона осветленной воды; *2* – зона свежих песков; *3* – зона окисленных песков; *4* – зона фильтрации.

выщелачивания меди углекислого газа может быть получен на основе количественных соотношений для условий конкретного объекта.

В табл. 3 представлены полученные из выражений для констант реакций соотношения между компонентами жидкой фазы фильтрата. Представленные соотношения позволяют например рассчитать концентрации ионов меди в фильтрате в равновесных условиях.

Так, для хвостохранилища ГОКа «Эрдэнэт» на текущий период эксплуатации кислотность фильтрационных вод характеризуется значением pH около 5,4. Суммарная концентрация растворенных карбонатных форм составляет около $10^{-5}$ моль/л. В этих условиях расчетная концентрация ионов меди определяется реакцией 4 в таблице 1 и составляет около 5 мг/л ($10^{-5}$ моль/л). Фактические замеры показывают, что реальная концентрация ионов меди в фильтрационных водах составляет в среднем 4,5 мг/л. Такая концентрация представляет серьезную экологическую опасность, и в отношении фильтрационных вод хвостохранилища принимаются мероприятия по их обезвреживанию с утилизацией содержащихся металлов. Разработанная модель позволяет провести анализ и дать оценку возможным изменениям концентрации ионов меди в фильтационных водах при изменении технологии или применении специальных мероприятий.

Так, переход на флотационную технологию с пониженным расходом извести (на 30 %) привел к снижению pH фильтрата с 5,4 до 5,1. Суммарная концентрация карбонатных форм заметно не изменилась. Расчетная концентрация

Таблица 3.
***Соотношения между концентрациями компонентов фильтрата в условиях равновесия реакций окисления с участием соединений меди***

| №№ уравнений реакций | Уравнения связи | Зона для адекватного применения |
|---|---|---|
| 4 | $lg[Cu^{2+}] = 5,45 - 0,5lg[H_2CO_3] - 2pH$ | 3,4 |
| 5 | $lg[Cu^{2+}] = 2,27 - 0,5lg[HCO_3^-] – 1,5pH$ | 3 |
| 6 | $lg[Cu^{2+}] = 9,2 - 2pH$ | 3 |
| 7 | $lg[HCO_3^-] = -13,83 + pH$ | 2,3 |
| 8 | $lg[HCO_3^-] = -24,21 + 2pH$ | 1,2 |

ионов меди составляет в этих условиях 7,2 мг/л. Замеры концентрации меди в фильтрационных водах хвостохранилища обогатительной фабрики показали среднее значение около 6,8 мг/л, что близко к расчетному значению.

Таким образом, проведенный анализ позволил разработать пространственную модель складированных хвостов обогатительной фабрики как источника загрязнения дренажных вод ионами тяжелых металлов и физико-химическую модель химических процессов, определяющих ионно-молекулярный состав сточных вод. Разработанные модели позволяют оценить степень влияния природных или техногенных факторов и оценить эффек-тивность используемых или проектируемых природозащитных мероприятий.

***СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ***

1. *Гаррелс Ч., Крайст Г.* Растворы, минералы, равновесия.- М.: Мир, 1967.- 407 с.

## *Коротко об авторах*

*Чмыхалова Светлана Валерьевна* – заместитель проректора по научно-исследовательской работе студентов,
*Морозова О.В.* – аспирант,
Московский государственный горный университет.

**© А.А. Жанзаков, 2006**

УДК 502/504

*А.А. Жанзаков*

# *ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЕПРОДУКТАМИ*

**Семинар № 10**

На территории Российской Федерации нефтепромыслы занимают значительные площади в Западной и Восточной Сибири, Поволжье, на Северном Кавказе и в других регионах.

Согласно современным требованиям природопользования, выполнения любой хозяйственной деятельности не должно приводить к необратимым нарушениям природной среды.

Добыча, транспортировка, хранение и использование нефтепродуктов относятся к наиболее агрессивным отраслям по сумме техногенных факторов, оказывающих воздействие на окружающую среду.

Почвы считаются загрязненными нефтью или нефтепродуктами, если их концентрация приводит к:

- угнетению или деградации почвенного покрова;
- понижению продуктивности сельскохозяйственных земель, нарушению природного равновесия в почвенном биоценозе;
- сокращению видового разнообразие альгофлоры, мезофауны, почвенных микроорганизмов и беспозвоночных животных и т.п.;
- вымыванию нефти и нефтепродуктов из почв в подземные или поверхностные воды;
- возрастанию доли углерода нефти и нефтепродуктов в органическом углероде почв.

В России официально утвержденных научно-обоснованных нормативов допустимого содержания нефти в почве до сих пор не существует. В инструкциях по рекультивации земель, загрязненных нефтью (РД 39-0147103-365-86), внедренной на предприятиях Миннефтепрома в 1987 г., были разработаны ориентировочные уровни загрязнения почв нефтью, однако при этом не выполнялись требования, отвечающие понятию «допустимый уровень содержания».

Допустимым уровнем содержания нефти в почве следует считать такой, при котором обеспечивается выполнение почвой своих экологических функций и не проходит негативного воздействия не сопредельные среды (вода, воздух), растения и человека.

Так же на уровне проектов существуют нормативы допустимого остаточного содержания нефти и продуктов её трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ являющиеся нормативами качества окружающей среды.

Ключевым понятием является допустимое остаточное содержание нефти в почве (ДОСНП) – определенное по аттестованным в установленном порядке методикам содержания в почвах нефти и продуктов её трансформации после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ, при котором:

- исключается возможность поступления нефти и продуктов её трансформации в сопредельные среды и на сопредельные территории;
- допускается вовлечение земельных участков в хозяйственный оборот по основному целевому назначению с возможными ограничениями (не природоохранного характера) режима достижения

санитарно-гигиени-ческих нормативов содержания в почве нефти и продуктов её трансформации или иных установленных в соответствие с действующим законодательством нормативных значений в процессе самовосстановления, т.е. без проведения дополнительных специальных ресурсоемких мероприятий.

Нормативы ДОСНП устанавливаются для основных типов (подтипов) почв, распространенных на территориях субъектов Российской Федерации, с учетом зонально-биоклиматических и ландшафтно-литологических факторов, в том числе гранулометрического состава и строения почвенного профиля, категории и вида использования земель, а также химического состава нефти и продуктов её трансформации.

Нормативы ДОСНП применяются при разработке и экспертизе технологий, материалов, оборудования и иных средств ликвидации загрязнений нефтью, проектов рекультивации или материалов по консервации земель, подвергшихся загрязнению нефтью, а также при приемке рекультивированных земель. На территории субъектов РФ, в которых в установленном порядке не введены в действие ДОСНП, по согласованию с территориальными органами Министерство Природных ресурсов РФ могут быть использованы соответствующие значения нормативов ДОСНП других регионов, исходя из однотипности биоклиматических и ландшафтно-литологических условий, либо соответствующие обоснования допустимого уровня остаточного загрязнения должно содержаться в проекте рекультивации нефтезагрязненных земель.

Основными источниками загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами являются, аварийные ситуации, возникающие при добыче, транспортировке и переработке нефти.

В результате производственной деятельности при добыче, транспортировке и переработке нефти-сырца образуются нефтешламы, которые постоянно накапливаются. При всем многообразии характеристик различных нефтяных отходов в самом общем виде все нефтешламы могут быть разделены на три основные группы в соответствии с их образования – грунтовые, природные и резервуарного типа.

Первые образуются в результате проливов нефтепродуктов на почву в процессе производственных операций, либо при аварийных ситуациях.

Природные шламы образуются при оседании нефтеразливов на дне водоемов, а нефтешламы резервуарного типа – при хранении и перевозке нефтепродуктов в емкостях разной конструкции.

Технологии по экологической реабилитации делятся по двум категориям: «ex situ» и «in situ».

Технология «ex situ» используется для обработки загрязненной почвы, предварительно удаленной с поверхности выделенного участка. Применение таких технологий требует низкой стоимости процессов экскавации почвы, её транспортировки. Следует иметь в виду, что экскавация земель может вызвать искажение морфологической структуры обрабатываемого участка и нарушения течения, как поверхностных, так и подземных вод.

Кроме того, вовлеченный в работу персонал может подвергаться воздействию вредных веществ. Тем не менее, изоляция и обработка загрязненных материалов вне участка позволяет применять более сложные приемы обработки, которые могут быть более эффективны и быстродействующими, а также более безопасными для грунтовых вод, животного мира, людей.

Технологии «in situ» имеют преимущества перед технологиями «ex situ» вследствие непосредственного примене-

ния их на месте загрязнения. Это снижает риск воздействия загрязняющих веществ на человека и окружающую среду во время извлечения, транспортировке и восстановления грунтов, что в свою очередь обеспечивает экономию средств.

Основным недостатком данной технологии является гетерогенная природа субстрата участков восстановления, как с геологической точки зрения, так и сточки зрения распространения загрязнения. Выбор и применение данной технологии может быть сделано только при получении данных о качестве обрабатываемой поверхности. Кроме того, может понадобиться дополнительная обработка, специализированная очистка загрязненной зоны, а наличие преференциальных потоков воздуха и воды может привести к неадекватной обработке рассматриваемого участка. При неблагоприятных окружающих условий могут также возникнуть сложности по отношению к устойчивым загрязняющим веществам. Под разделами «ex situ» и «in situ» расположены технологии в соответствие с применяемым методом очистки почв: механические, физико-механические, физико-хими-ческие, химические и биологические.

Перечисленные методы в свою очередь подразделяются следующим образом [5]:

А) Механические методы:

- механическое разделение;
- перемешивание;
- экскавация и уборка нефтезагрязненных грунтов.

Б) Физико-механические методы:

- сжигание;
- термодесорбция;
- экстракции почвы паром;
- промывка почвы;
- отверждение и стабилизация;
- экстракция растворителем.

В) Химические методы:

- дегалогенизирование или освобождение от галогеновых фракций;
- химическое восстановление или окисление.

Г) Физико-химические:

- нейтрализация нефтезагрязнений капсулированием, применением сорбентов, адсорбентов, реагентов;
- окислительно-восстановительная деструкция.

Д) Биологические методы:

- сельскохозяйственная обработка с внесением удобрений;
- использование биореактивов, биопрепаратов, биодеструкторов;
- фитомелиорация;
- естественное разложение.

Основные критерии оценки технологии:

- общая стоимость;
- возможность снижения степени загрязнения до допустимого значения;
- время, затраченное на полное восстановление;
- надежность и техническое обслуживание;
- данные, необходимые для планирования и осуществления полного восстановления;
- безопасность;
- общественное мнение.

Таким образом, загрязнение грунтов и почв происходит на всех этапах обращения с нефтепродуктами. В связи с этим актуальной проблемой является усовершенствование и внедрение технологий по экологической реабилитации грунтов и почв, загрязненных нефтепродуктами.

***СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ***

1. *Солнцева Н.П.* Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1998. -376 с.

2. *Королев В.А.* Очистка грунтов от загрязнений. – М.: МАИК «Наука/ интерпериодика», 2001. – 365 с.

3. *Герасимов М.И., Строганов М.Н., Можаров Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Под редакцией академика РАН Г.В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.

4. *Технологии* восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Справочник. – М.: РЭФИА, НИА - Природа, 2003. – 258 с.

## *Коротко об авторах*

*Жанзаков А.А.* – аспирант кафедры ИЗОС, МГГУ

**© В.И. Бабков-Эстеркин, 2006**

УДК 502/504

***В.И. Бабков-Эстеркин***

# *ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ МАЛОГО ОБЪЕМА*

**Семинар № 10**

Сегодня банков технологий утилизации, которые бы позволили обоснованно выбрать нужную технологию для конкретного случая, нет. И часто предприятия сталкиваются с проблемой – какую технологию выбрать. Следует помнить, что этот выбор во многом зависит от массы имеющегося на предприятии техногенного сырья. В связи с этим при составлении банка технологий утилизации минеральных отходов необходимо обязательно дать сведения о необходимом для её реализации количестве техногенного сырья.

Срок жизни технологии утилизации определяется временем возврата стартовых затрат плюс время получения планируемой прибыли. Сырьевого запаса техногенного сырья должно хватить на этот период.

Затраты на реализацию любой технологии (Q) складываются из капитальных затрат ($q_1$) и текущих затрат ($q_2$) (зарплата занятых в технологии работников- $q_2^1$, плюс налоги –$q_2^2$ , плюс износ оборудования и его ремонт-$q_2^3$, плюс плата за энергоноситель- $q_2^4$, плюс стоимость транспортировки техногенного сырья–$q_2^5$, плюс плата за землю –$q_2^6$, плюс плата за предподготовку к использованию техногенного сырья и т.п.).

В основе выбираемой технологии утилизации минеральных отходов лежит, кроме объёма техногенного сырья и предполагаемой прибыли, потребность в данном регионе планируемой к производству продукции. При этом особенно сложно решается вопрос с малыми объёмами отходов.

В работе Е.Ю.Куликовой «Теоретические основы защиты окружающей среды в горном деле» (М., Горная книга, 2006 г.) приводится анализ материального баланса предприятия. В числе работ по анализу материального баланса предусматривается …. определение видов и объёмов используемых материальных ресурсов…. Но и здесь отсутствуют рекомендации по проведению работ по оценке выбора технологий утилизации в зависимости от объёмов образующихся (имеющихся) отходов. Технологические ресурсы в работе Елены Юрьевны классифицируются на главные, вспомогательные и сопутствующие. Минеральные отходы относятся к сопутствующим материальным ресурсам. Классификации отходов и технологий их утилизации по объёмам техногенных ресурсов нет, хотя ясно, что при наличии одних и тех же по составу и свойствам техногенных материалов они могут быть использованы в различных технологиях, если их количество измеряется килограммами, тоннами или тысячами тонн. Сегодня рекомендаций для выбора технологий утилизации минеральных отходов по этому показателю нет, что осложняет решение важнейшей экологической задачи – выбора наиболее оптимальных технологий утилизации минеральных отходов горных предприятий.

При отнесении запасов техногенного сырья к малой величине время полного использования имеющегося сырья - Т(то есть время возможной жизни предприятия, реализующего предлагаемую технологию утилизации) равно:

$$Т = П.т = М.т/м,$$

где М - общий объём имеющегося минерального отхода; м - масса минерального отхода, затрачиваемая на единицу продукции; т - время, затрачиваемое в рассматриваемой техно-
логии, на получение единицы продукции; П - количество единиц продукции, которое можно получить из всей имеющейся массы техногенного сырья.

При этом должно быть соблюдено условие:

$$Т = М.т /м = П.т > [Т],$$

где $[Т] = Т^1 + Т^2$; $Т^1$ – время полной окупаемости капзатрат на запуск технологии; $Т^2$ – время, необходимое для получения запланированного дохода от реализации выбранной технологии утилизации отходов.

Из этого условия может быть определена величина массы техногенного сырья, необходимой для целесообразного применения рассматриваемой технологии утилизации.


***Коротко об авторах***

*Бабков-Эстеркин Владимир Исаакович* – профессор, Московский государственный горный университет.



**© Ю.В. Семенов, В.В. Морозов, О.М. Гридин, 2006**

УДК 502.3:622.411.51

*Ю.В. Семенов, В.В. Морозов, О.М. Гридин*

# *МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ*

**Семинар № 10**

Для определения потребности в сорбционных материалах при ликвидации аварийных проливов нефти необходимо знать концентрацию ее в воде.

При оптических (в том числе и люминесцентном) методах анализа возможны только переходы, разрешенные правилами отбора [1]: $\sigma^{св} \rightarrow \sigma^*$ – электронное возбуждение σ-связей – требуют наибольшей энергии, соответствующей дальней УФ-области спектра (от 170 нм и выше) и соединения, имеющие только σ-связи – бесцветны; $n \rightarrow \sigma^*$ – характерны для соединений со свободными электронными парами и требуют большой энергии, соответствующей ближней УФ-области спектра (~ 200 нм); $\pi^{св} \rightarrow \pi^*$ и $n \rightarrow \pi^*$ – электронное возбуждение π-связей ненасыщенных соединений требует еще меньшей энергии и соответствует ближней УФ- и видимой областей спектра. При этом, хромофоры, имеющиеся в одной и той же молекуле взаимно влияют друг на друга. Кроме того, на хромофоры влияют и группы, сами не являющиеся хромофорами. Смещение в длинноволновую область (батохромный сдвиг) наблюдается в молекулах конденсированных углеводородов при росте числа бензольных колец при переходе от бензола к гексацену и в полиенах при увеличении n: $C_6H_5(CH = CH)_nC_6H_5$. Увеличение интенсивности (гиперхромный эффект) наблюдается при одновременном наличии донорных и акцепторных групп на наименьшем удалении друг от друга.

Настоящая методика является модификацией методики количественного определения масла люминесцентным методом [2] для применения лабораторного фотоколориметра типа КФК-2 или аналогичного, имеющего светофильтр с длиной волны 315 нм и ниже и набор кювет.

Проведение классической методики [2] требует применения оборудования, работающего в ультрафиолетовой области (280 нм). В ходе настоящей работы был установлен батохромный эффект при добавлении малых количеств некоторых реагентов к основному экстрагенту, при котором полосы люминесценции сдвигались в длинноволновую область на 20–30 нм, и становилось возможным применять лабораторный фотоколориметр типа КФК-2 или аналогичный.

При проведении анализов надо применять реактивы и материалы.

1. Углерод четыреххлористый по ГОСТ 20288-74 или толуол по ГОСТ 5789-78 марок Ч, ЧДА или ХЧ.

2. Вода дистиллированная.

3. Нефть или нефтепродукт, аналогичный тому, который находится в определяемой пробе воды.

Метод основан на том, что растворы нефтепродуктов или нефтей в четыреххлористом углероде с добавкой реагента МИКС-1 в количестве 0,8 мл на 1 л $CCl_4$ или толуоле с добавкой реагента МИКС-2 в количестве 1,2 мл на 1 л толуола при облучении световым потоком с длиной волны 315 нм люминесцируют и усиливают первоначальный световой поток (таблица). Это увеличение

***Батохромный эффект при проведении люминесцентного анализа при добавке реагента МИКС-1 к $CCl_4$ или с добавкой реагента МИКС-2 к толуолу***

| Основной экстрагент | Кол-во добавки реагента МИКС-1 к $CCl_4$ или добавки реагента МИКС-2 к толуолу, мл/л | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
| | Положение максимумов люминесценции, нм | | | | | |
| толуол | 280 | 290 | 305 | 315 | 315 | 315 |
| $CCl_4$ | 280 | 295 | 310 | 310 | 310 | 310 |

светового потока измеряют по равномерной шкале КФК-2, принимая за “0” — 100 %, устанавливая его, имея в кювете подготовленный $CCl_4$ или толуол и калибруя шкалу по эталонной серии. Как правило, метод применим при содержании в $CCl_4$ или толуоле нефтепродукта от 0 до 3 мг в 100 мл экстрагента. При более высоких концентрациях необходимо количественное разбавление исходной пробы.

*Приготовление эталонных серий*

Сначала готовятся растворы экстрагентов путем добавления точно измеренных калиброванными пипетками объемов реагента МИКС-1 к $CCl_4$ или реагента МИКС-2 к толуолу. Растворы перемешиваются и выдерживаются в течение 24 часов.

Все операции по взвешиванию проводят с точностью 0.0002 г.

На аналитических весах взвешивают пустой, чистый и сухой химичес-кий стакан. Затем в него вносят 2,5-3,0 мг (не более!) нефтепродукта и снова взвешивают. Разница — есть масса нефтепродукта (у). Затем в не-большом количестве (примерно 10 мл) $CCl_4$ или толуола растворяют его и переносят в мерную колбу на 100 мл, промывают им же 3-4 раза, тоже вносят в ту же мерную колбу и доводят до метки. Затем мерной пипеткой берут 50 мл (точно!) этого раствора нефтепродукта и переносят в другую мерную колбу на 100 мл и доводят этой же пипеткой до метки. В этом пикнометре содержится у/2 мг масла. Затем из этого второго пикнометра точно также отбирается 50 мл раствора в третью мерную колбу и доводится до метки (у/4 мг масла) и т.д. еще 2-3 раза. Затем их каждую в отдельности фотоколориметрируют. Наиболее предпочтительно использовать кюветы с толщиной слоя 30 или 20 мм.

Строят градуировочный график зависимости у = f (T), где T — показания фотоколориметра по равномерной шкале.

*Приготовление контрольного состава: нефтепродукт в воде*

Взвешивают сухой, чистый и пустой химический стакан на 100 мл и туда вносят примерно 20-30 мг нефтепродукта и опять взвешивают. Раз-ность есть масса нефтепродукта ($m_k$) в контрольной пробе. Затем аккурат-но смывают ее дистиллированной водой в мерную колбу на 500 мл и доводят ею до метки. Таким образом концентрация нефтепродукта в воде составит $c_k = 2m_k$, мг/л. Эту колбу закрывают пробкой и ставят на лаборатор-ный встряхиватель, включают его и перемешивают 30-40 минут, после че-го быстро наливают из него в бюретку емкостью 200 мл 100 мл этой воды. Если пользуются бюреткой на 100 мл, то в нее наливают 80 мл этой воды. Затем сверху наливают 10 мл подготовленного четыреххлористого углерода. Проходя через воду, он экстрагирует нефтепродукт и опускается вниз. Если пользуются подготовленным толуолом, то, поскольку он легче воды, то 10 мл

его сначала наливают в бюретку, а потом сверху и быстро воду. Экстракцию повторяют 2-3 раза той же порцией четыреххлористого углерода или толуола. После последней экстракт помещают в мерную колбу на 100 мл, доводят чистым растворителем до метки, перемешивают и фотоколориметрируют также, как и эталонную серию. По эталонному графику определяют количество экстрагированого нефтепродукта. ($y_k$) и рассчитывают его концентрацию в контрольной пробе ($c_k$'). Если разница между $c_k$ и $c_k$' не превышает ± 2,0 % отн., то можно производить рабочие измерения.

*Проведение рабочих измерений*

Всю пробу воды, где измеряется концентрация нефтепродукта взбалтывают на лабораторном встряхивателе, а затем поступают также, как и с контрольным составом.

При ежеденевном измерении не реже 1 раза в месяц проверяют калибровочную кривую. А при периодическом (двухнедельный перерыв) — перед новой серией анализов. При переходе на новую партию экстрагирующего вещества и при новом нефтепродукте производят новую калибровку и проверку по контрольному составу. Если определяют неизвестный нефтепродукт в воде, то данный метод становится полуколичественным или качественным. В этом последнем случае относительная ошибка может составить ±40 % отн., в то время как при известном нефтепродукте она не превышает ±2,0 отн.

***СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ***


1. *Харитонов Ю.Я.* Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа: Учеб. для ВУЗов.- М.- Высш. шк.- 2001.- 559 с.

2. *Аналитический* контроль производства в азотной промышленности. Вып.2. Контроль производства аммиачной селитры. М., Гос. науч-техн. изд-во хим. литер., 1956 г., с. 17-21.


## *Коротко об авторах*


*Семенов Ю.В., Морозов В.В., Гридин О.М.* – Московский государственный горный университет.



**© М.А. Водянова, 2006**



УДК 502/504



***М.А. Водянова***

## *БИОТЕСТИРОВАНИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВ*

**Семинар № 10**

Во все времена человек стремился создать самые комфортные условия для жизни и деятельности. Создавалось множество предприятий как лёгкой, так и тяжёлой промышленности; осваивались новые территории; из маленьких населённых пунктов вырастали крупные города; создавались автомагистрали – это приводило к неизбежному загрязнению окружающей среды.

В городах располагается огромное количество бензоколонок, по разным морским путям перевозят гигантские танкеры, наполненные нефтью, вследствие аварий и других внешних факторов происходят разливы. Соответственно, почва и вода в близлежащих регионах сильно загрязнены, изменяются физико-химические свойства, а, следовательно, живые организмы в такой среде ведут себя по-другому.

Поэтому темой данной работы является: «Использование биологических методов для оценки токсичности объектов окружающей среды, содержащих различные примеси», которые включают:

1. Методы биотестирования;
2. Микробиологические методы.

Объектом нашей работы стала почва, загрязнённая нефтью.

***1. Характеристика почв и процессов их самоочищения***

Почва – единый, живой организм, который реагирует на все внешние раздражения. Скопление загрязнителей различной природы в почвенном слое земли могло бы сделать невозможным жизнь людей, если одновременно с загрязнением в почве не проходили бы процессы самоочищения.

*Самоочищение почвы* – это совокупность процессов, происходящих в почве и приводящих к ослаблению или полному освобождению от токсического действия загрязняющих веществ.

С ухудшением самоочищающей способности, возрастает эпидемическая опасность почвы. В загрязненной почве снижается уровень истинных представителей почвенных микробоценозов (антагонистов патогенной кишечной микрофлоры) и её биологическая активность, но возрастает количество положительных находок патогенных энтеробактерий и геогельминтов, которые более устойчивы к химическому загрязнению почвы.

Почвы, находящиеся в границах крупных городов, испытывают мощное воздействие антропогенного фактора, которое включает в себя как нарушения естественного сложения и состава почв, так и попадание в неё различных загрязнителей. В результате возникает совершенно особый «тип» почвы – *городская почва* или *урбанозём.*

С целью сравнения эффекта воздействия загрязнителя, в частности, нефти, в эксперименте было решено использовать как урбанозём, так и почву, типичную для нашего региона, а именно, *дерново-подзолистую почву.*

*Городская почва*

Городские почвы определяются, как почвы, имеющие созданный человеком поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением или загрязнением материалами урбаногенного происхождения (строи-тельно-бытовой мусор).

Следует сказать, что почва, пропитанная органическими масляно-бензиновыми жидкостями, называется *интрузёмом.*

Для данного эксперимента была отобрана почва из центрального округа города Москвы (ЦАО) с улицы Погодинская (на поверхности не было бетона).

*Дерново-подзолистая почва*

Данная почва была отобрана на территории биостанции МГУ «Чашниково» Солнечногорского района Московской области на окраине леса без дёрна.

***2. Характеристика нефти***

С целью изучения воздействия нефти на почву был поставлен эксперимент, нефть в котором была взята из Тарасовского месторождения Пуровского района (Западная Сибирь).

Были исследованы следующие концентрации – 25; 50; 100; 200; 300 и 500 мл/кг почвы, которые соответствуют низким (25–50), средним (100, 200) и высоким (300–500) уровням загрязнений. Последние концентрации указывают на уровни разливов нефти в природе.

***3. Биотестирование***

Биотестирование – это интегральный метод анализа качества объекта окружающей среды, в ходе которого используется лабораторные стандартизированные объекты (тест-объекты[1]). В условиях эксперимента регистрируются их ответные реакции на антропогенное воздействие.

Суммарной задачей и результатом применения биотестирования является: обеспечение экологического благополучия биологических объектов.

Для оценки токсичности[2] применяются различные тест-объекты – микроорганизмы, аквариумные рыбки, водоросли, культуры клеток животных и человека и прочее.

Данное тестирование проводилось с использованием следующих тест-организмов – представителей различных систематических групп: простейших – инфузорий Tetrahymena piryformis, генно-инженерного штамма бактерий «Эколюм» и клеточного тест-объекта (гранулированная сперма быка).

*Подготовка проб для биотестирования*

Изначально было взято 14 образцов почвы: 7 образцов урбанозёма и 7 образцов дерново-подзолистой поч-вы с концентрациями нефти: 25, 50, 100, 200, 300, 500 мл/кг и контроль, то есть без загрязнения. Отдельно был взят образец дистиллированной воды. Через многоступенчатую филь-трацию были получены соответствующие экстракты.

Часть полученных фильтратов были представлены в ВНИИ Медтехники МЗ РФ для проведения эксперимента по определению токсичности с использованием спермы быка в качестве клеточного тест-объекта. Другая часть была использована для биотестирования и микробиологического метода.

*Метод биотестирования для оценки качества воды в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения на культуре инфузорий*

Генеративная или ростовая функция инфузорий является важным показателем их жизнеспособности и заключается в наблюдении за размножением тетрахимен как в исследуемых вытяжках, так и в контроле (дехлорированная водо-

[1] Объект изучения, исследования каким-либо способом, методом. По состоянию тест-объекта можно судить о свойствах его среды обитания (естественной или искусственной).

[2] Способность вещества, при попадании которого в определённых количествах в организм человека, животного или растения, вызывать их отравление или гибель.

проводная вода). В пробы вытяжек объемом 5 мл помещали по 0,05 мл культуры тетрахимен с исходной концентрацией 100 – 200 кл/мл. Повторность опыта трехкратная; время экспозиции 6 и 48 часов. В течение первых 6 часов наблюдают, в основном, за выживаемостью инфузорий (острый опыт), в течение остального времени за приростом количества инфузорий. Инфузории очень чувствительны к незначительным концентрациям загрязнений, попадающих в водные экосистемы. Их короткий жизненный цикл развития даёт возможность быстро выявить характер действия токсикантов.

Простота культивирования, доступность проведения исследований позволяют использовать этот тест-объект не только в лабораторных, но и полевых условиях.

Показатели токсичности испытуемой пробы является подавление скорости прироста клеток инфузорий (в хроническом опыте[3] – в течение 96 часов) и их гибель (в остром опыте[4] – 15 мин, 1 час).

Для экспресс-оценки токсичности пробы экстрактов численность живых клеток контролируется через 15 минут и через 1 час. В хроническом опыте, как и в нашем случае, – через 24, 48 часов в одно и то же время.

*Критерием токсичности*[5] (К) служит показатель размножения, за который принимается относительный прирост численности клеток в 1 мл исследуемого фильтрата. Пробы следует считать токсичными при значении К < 50 %.

*Биотестирование с использованием клеточного тест-объекта – гранулированная сперма быка*

В основе метода лежит анализ изменения зависимости сперматозоидов от времени. За меру токсичности исследуемого раствора принимают величину индекса токсичности It. Чем меньше значение It, тем сильнее оказывает испытуемый раствор угнетающее действие на суспензию сперматозоидов.

Испытуемый результат считается нетоксичным для целостного организма млекопитающих, то есть не оказывающим общетоксического действия при однократном введении, если значение It находится в интервале от 70 до 120 %. В случае получения значений индекса токсичности меньше 70 % и больше 120 % образец признаётся токсичным, то есть оказывающим общетоксическое действие на целостный организм млекопитающего при однократном введении.

Таким образом, у потребителя данной методики появляется возможность после проведения испытания по оценке цитотоксичности[6] на сперме быка прогнозировать общетоксическое действие испытуемого раствора на целостный организм млекопитающих.

*Методика экспрессного определения токсичности фильтратов почв с помощью люминисцентного бактериального теста "Эколюм" (светящиеся бактерии)*

Биосенсор «Эколюм», используемый в тестировании, представляет собой бактерии, в которых метаболические процессы сопровождаются свечением в видимой части спектра. При действии токсических

[3] Этот опыт может длиться около 30 суток для более тщательного и глубокого исследования токсических свойств у данного объекта.

[4] Это опыт может длиться около 96 – 120 часов и позволяет определить наличие и отсутствие острого токсического воздействия испытуемого вещества.

[5] Достоверное количественное значение тест-параметров, наиболее часто используются выживаемость, плодовитость, подавление ферментативной и метаболической активности организмов.

[6] Действие яда на уровне клетки.

| группы | Значение Т | Вывод о степени токсичности анализируемой пробы |
|---|---|---|
| 1 | Меньше 20 | Допустимая степень токсичности |
| 2 | От 20 до 50 | Образец токсичен |
| 3 | Равно или больше 50 | Образец сильно токсичен |

соединений различной природы в бактериях изменяются биохимические реакции, что отражается на изменении их свечения.

Интенсивность биолюминесценции регистрируется прибором «Биотокс-6». Критерием оценки является индекс токсичности (Т), который в норме не превышает величины 20%-го отличия от контроля. Стимуляция свечения не является показателем токсического действия образцов на функцию свечения бактерий. Методика основана на определении изменения интенсивности биолюминисценции[7] генно-инженерных бактерий при воздействии токсических веществ, присутствующих в анализируемой пробе, по сравнению с контролем. Критерием токсического действия является изменение интенсивности биолюминисценции тест-объекта в исследуемой пробе с таковой для пробы с раствором, не содержащим токсических веществ. Уменьшение интенсивности биолюминисценции пропорционально токсическому эффекту.

***4. Микробиологический метод***

Почва – естественная среда обитания для самых различных микроорганизмов. Исследования проводились на основных группах почвенных микроорганизмов: сапрофитные бактерии, почвенные микромицеты и актиномицеты. В каждом грамме верхнего слоя обитают миллионы, даже миллиарды таких организмов. Эта биомасса с очень большой активной поверхностью оказывает значительное влияние на процессы, происходящие в почве, и на её плодородие. Микроорганизмы разрушают попадающие в почву органические вещества и переводят их органогенные элементы в формы, усваиваемые растениями.

*Определение микроорганизмов в почве*

Данные по изучению загрязнения почвы указывает на большую чувствительность к действию отдельных химических веществ почвенных актиномицетов и грибов по сравнению с почвенными споровыми и неспоровыми бактериями. Несомненно, что такая разбалансировка равновесия в почвенном микробиоценозе, должна рассматриваться как отрицательное явление. Актиномицетам и грибам принадлежит большая роль в превращении широкого круга органических и минеральных веществ и, благодаря чрезвычайно выраженным антагонистическим и токсическим свойствам, они оказывают большое влияние на формирование микробных почвенных ценозов, являются продуцентами многих физиологически активных веществ – аминокислот, ферментов и витаминов.

Как правило, для учета почвенных грибов используют разведения почвенной суспензии 1:100 ($10^2$), при учете актиномицетов – 1:1000 ($10^3$), а при учёте сапрофитных бактерий – 1:10000 ($10^4$). Посев производят поверхностным способом, нанося на агаризованные среды 0,1 – 0,05 мл суспензий. Для учета актиномицетов используется среда Гаузе 1, для учёта грибов – среда Чапека, а для учёта сапрофитных бактерий – среда МПА. При учёте грибов используют добавление в среду веществ, ингибирующих рост бактерий – например, анти-

[7] Интенсивное свечение в видимой области спектра, отражающее специфическую метаболическую активность организмов.

биотик стрептомицин, который добавляется непосредственно перед посевом в расплавленную среду.

Согласно положениям Методических рекомендаций по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве, результаты опыта оцениваются путем сопоставления числа колоний, выросших из почвы опытных и контрольных сосудов. Действующей концентрацией химического вещества считают ту, которая оказывает выраженное угнетающее действие не менее чем на 50 % по отношению к контролю.

Количество грибов и актиномицетов рассчитывается на 7 – 10 день инкубации, а сапрофитные бактерии – на 3 день.

***5. Результаты исследований***

*Методы биотестирования*

**Вывод 1:** Для **урбанозёма** минимально действующей концентрацией (в дальнейшем – МНД) нефти является 50 мл/кг почвы. Воздействие данной концентрации проявилось на функцию свечения бактерий «Эколюм». Влияние на генеративную функцию инфузорий обнаруживалось, начиная с концентрации 300 мл/кг почвы. Не было выявлено токсического влияния изученных образцов почвы на поведенческую функцию сперматозоидов быка.

**Вывод 2:** Для **дерново-подзолистой почвы** величина МНД составила 25 мл/кг почвы по генеративной функции инфузорий. Тесты на свечение бактерий «Эколюм» и поведенческую функцию сперматозоидов не дали закономерных результатов.

Заключение: Таким образом, использование предложенных биотестов позволяет оценить качество загрязнённых нефтью почв и установить величины МНД нефти.

Методы биотестирования используют не только для оценки токсичности загрязнённых объектов окружающей среды, но и для оценки различных технологических процессов, например, методов обработки вод различного назначения: методы очистки, корреляции и так далее.

*Микробиологические методы*

По полученным результатам микробиологических исследований было обнаружено:

Вывод 1: Угнетение роста микромицетов и актиномицетов во всех экспериментальных почвенных образцах;

**Вывод 2:** Активная стимуляция роста сапрофитных бактерий уже с первых суток инкубации;

**Вывод 3:** Обнаружено уменьшение разнообразия бактерий и микромицетов во всех экспериментальных образцах по сравнению с контролем, начиная с 3-их суток исследований;

**Вывод 4:** Установлено МНД нефти для урбанозема по влиянию на почвенные актиномицеты, угнетение роста которых (более 50 % от контроля) наблюдалось с концентрации нефти 25 мл/кг почвы.

***Коротко об авторах***

*Водянова М.А.* – Московский государственный горный университет.