

СЕКЦИЯ ЧЕТВЕРТАЯ

Обеспечение экологической безопасности при чрезвычайных ситуациях.

УДК 504.5:622.323:614.8

ОЦЕНКА РИСКА ОТ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

И.Ю. Аблеева, Л.Д. Пляцук

Сумский государственный университет

В нефтедобывающей отрасли риск, связанный с аварийными ситуациями, можно рассматривать в нескольких интерпретациях. Во-первых, риск как вероятность возникновения аварии на определенном этапе бурения скважины и непосредственно в процессе добычи нефти. При этом принято выделять технические, технологические, организационные и прочие причины развития неблагоприятных ситуаций. Во-вторых, риск как опасность для окружающей среды, находившихся в ней человека и биоты вследствие загрязнения атмо-, гидро- и литосферы токсическими химическими веществами, вредными физическими факторами или опасными биологическими агентами. В связи с этим нередко оперируют понятиями экологического риска, а также риска для здоровья человека – канцерогенного и неканцерогенного.

Цель работы состоит в определении методом системного анализа последствий возникновения аварийных ситуаций при бурении нефтяных скважин, а также оценки опасности для жизни и здоровья человека.

Чрезвычайные ситуации, возникшие при бурении скважины, размещении и хранении буровых отходов, могут отличаться по степени тяжести и характеру последствий. Их негативное влияние выражается в виде как прямого, так и косвенного экологического, экономического и социального ущерба. Наиболее целесообразным является применение интегрированного показателя риска, ведь все сферы жизнедеятельности человека неразрывно связаны между собой и оказывают определенное взаимовлияние.

Категория «безопасность человека или общества» требует постоянной оценки и контроля для улучшения существующих или создания новых, более усовершенствованных, программ управления системой государственной безопасности. При количественном анализе и измерении используют такие базовые индикаторы: риски для жизни и жизнедеятельности человека; качество и продолжительность его жизни [4].

Характеризация риска по определению Европейского агентства по защите окружающей среды (European Environment Agency – ЕЕА) является "количественной оценкой сферы действия и серьезности неблагоприятных воздействий, имеющих вероятность состояться в результате фактического или предусмотренного влияния вещества".

При постановке задачи для расчета прогнозной оценки экологического риска от источника, содержащего токсичные вещества, главным объектом заботы – реципиентом – является человек. Все виды рисков (индивидуальный, экологический и социальный) ориентируются на сохранение жизни и здоровья

человека. В связи с этим необходимо определить угрозу для человека, его жизни и здоровья в условиях чрезвычайной ситуации.

Рассмотрим аварийную ситуацию, вследствие которой происходит нарушение целостности шламового амбара, что приводит к попаданию буровых отходов в почву, а затем – миграции загрязняющих веществ в подземные и поверхностные воды, испарению летучих фракций нефтяных углеводородов в атмосферный воздух.

При бурении одной нефтяной скважины сооружается три амбара-накопителя: первый (914 м³) – шламовый, второй (708 м³) – для сбора и отстаивания буровых сточных вод (БСВ) и третий (708 м³) – для осветленной воды. Буровой шлам состоит с выбуренной породы, отработанного бурового раствора и БСВ. Отходы бурения представляют опасность для окружающей среды вследствие содержания в своем составе химических веществ, которые использовались для приготовления бурового раствора. Поэтому буровые отходы, в частности буровой шлам, загрязненные такими основными компонентами, как глинистая суспензия, графитовый порошок, кальцинированная сода Na₂CO₃, нефть, углещелочной реагент (УЩР), каустическая сода NaOH, NaCl, KCl, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), конденсированная сульфит-спиртовая барда (КССБ-МТ), полигум-К, сульфенол C₁₈H₂₉NaO₃S (натриевая соль алкилбензолсульфоикислоты), савенол, лигноксин, пентакс, лабрикол, праестол, резиновая крошка, мел CaCO₃, известь Ca(OH)₂. Большинство из этих веществ относится к III и IV классу опасности (токсичности), поэтому отходы бурения принадлежат к категории мало или умеренно опасных. Для изучения риска для здоровья человека целесообразно выделить наиболее опасные, т.н. приоритетные, вещества: сульфенол, каустическая сода, нефть, савенол и тяжелые металлы. Возможные маршруты воздействия обуславливаются приоритетными загрязненными средами (почва, поверхностные и подземные воды, атмосфера) и путями поступления (пероральный, кожный и ингаляционный) химических веществ в организм человека. Поскольку загрязняющие вещества отходов поступают в окружающую среду неоднократно при рассматриваемой чрезвычайной ситуации, то продолжительность экспозиции оценивается как острая и подострая, что в свою очередь определяет характер и особенности вредных эффектов на здоровье человека.

Оценка зависимости "доза (концентрация) – эффект" определяет вероятность развития неблагоприятного эффекта в виде отклонения от нормального физиологического функционирования организма человека при воздействии конкретного физического, химического или биологического фактора. При этом опасный или вредный фактор окружающей среды может как непосредственно причинять заболевание, так и ухудшать экологическую ситуацию, на фоне которой возможно развитие или усугубление болезни.

Проводились исследования [5] по влиянию сульфенола как представителя анионных поверхностно-активных веществ (ПАВ) на белых мышей. Определено, что происходит ускорение дыхания, выделения из верхних дыхательных путей, а также общее угнетенное состояние при 4-х часовой экспозиции ингаляции, а среднеталая концентрация (ЛК₅₀) составляет 1033±155 мг/м³. При этом аллергическое воздействие наблюдается при

значениях концентрации в пределах 10-20 мг/кг.

Каустическая сода по химической природе представляет собой основание – гидроксид натрия (едкий натр), обладающий сильно выраженными агрессивными свойствами по отношению к организму человека. Посредством контактной связи возникают химические ожоги, язвы, экземы, раздражение слизистых оболочек; при ингаляционном пути поступления происходит сильное поражение верхних дыхательных путей, а пероральном – органов желудочно-кишечного тракта.

Особую опасность для человека и биоты в целом составляют ароматические и низкомолекулярные алифатические углеводороды нефти, однако в связи с их летучестью негативное воздействие непродолжительное.

Вредное влияние таких тяжелых металлов, как хром и никель значительно повышается за счет их канцерогенных свойств, которые проявляются в мутагенном эффекте, хромосомных повреждениях, изменении репарации ДНК и тому подобное. Хром вызывает рак легких и органов желудочно-кишечного тракта; никель – рак носовой полости и легких [3]. За счет образования комплексов с биоорганическими соединениями они долгое время могут находиться в доступной для живых систем форме. Никель индуцирует канцерогенез угнетением генов и в результате процессов гиперметилирования и мутации ДНК, преобразования генов-супрессоров опухолей в гетерохроматин.

Для определения количественного поступления приоритетных загрязняющих веществ в организм человека, который находится в зоне негативного влияния буровых отходов, необходимо провести оценку экспозиции. Эта процедура выполняется, как правило, в три этапа:

- 1) характеристика окружающей обстановки с анализом основных физических параметров исследуемой области;
- 2) идентификация маршрутов воздействия, источников загрязнения и потенциальных путей распространения;
- 3) установление и оценка величины, частоты и продолжительности воздействий для каждого анализируемого пути, идентифицированного на втором этапе.

По результатам исследования состава бурового шлама было установлено массовое содержание приоритетных загрязняющих веществ на уровнях: сульфенол – 0,746 кг/т, каустическая сода – 3,143 кг/т, нефть – 77,661 кг/т, савенол – 1,9156 кг/т, никель – 0,159 г/т.

Для оценки канцерогенного риска от никеля рассчитываем среднюю суточную дозу LADD, усредненную с учетом ожидаемой средней продолжительности жизни человека (70 лет) по формуле:

$$LADD = \frac{C \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (1)$$

где LADD – средняя суточная доза или поступление (I), мг/(кг × день);

C – концентрация вещества в загрязненной среде, мг/кг;

CR – скорость поступления воздействующей среды, кг/день;

ED – продолжительность воздействия, лет;

EF – частота воздействия, дней/год;

BW – масса тела человека, кг;

AT – период усреднения экспозиции (для канцерогенов AT = 70 лет);

365 – число дней в году.

Используя необходимые для расчета исходные данные, некоторые из которых указаны в приложениях Руководства, получаем следующее значение среднесуточной дозы никеля:

$$LAAD = \frac{0,159 \cdot 0,2 \cdot 5 \cdot 365}{70 \cdot 70 \cdot 365} = 3,25 \cdot 10^{-5} \text{ мг}/(\text{кг} \cdot \text{день}).$$

Канцерогенный риск от никеля как дополнительную вероятность развития рака у индивидуума на всем протяжении жизни CR определяем по формуле:

$$CR = LAAD \cdot SF, \quad (2)$$

где SF – фактор наклона, $(\text{мг}/(\text{кг} \times \text{день}))^{-1}$.

$$CR = 3,25 \cdot 10^{-5} \cdot 0,84 = 2,72 \cdot 10^{-5}.$$

Согласно Руководству такой уровень канцерогенного риска входит во второй диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более $1 \cdot 10^{-6}$, но менее $1 \cdot 10^{-4}$), что соответствует предельно допустимому риску, т.е. верхней границе приемлемого риска. Данные уровни подлежат постоянному контролю и требуют проведения дополнительных мероприятий по их снижению.

Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводится на основе расчета коэффициента опасности по формуле:

$$HQ = AD/RfD, \quad (3)$$

где HQ – коэффициент опасности;

AD – средняя доза, мг/кг;

RfD – референтная (безопасная) доза, мг/кг.

Индекс опасности для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем рассчитывается по формуле:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (4)$$

где HQ_i – коэффициенты опасности для отдельных компонентов смеси воздействующих веществ.

Рассчитаем индекс опасности по формуле (4) для приоритетных загрязняющих веществ отходов бурения: сульфенол, каустическая сода и нефть.

$$HI = \frac{0,0007}{0,1} + \frac{0,003}{0,002} + \frac{0,077}{0,03} = 4,07.$$

Поскольку индекс опасности $HI > 1$, то такой уровень риска является неприемлемым, а загрязняющие вещества, которые содержатся в буровом шламе и поступили в объекты окружающей среды вследствие аварийной ситуации, вероятно окажут негативный эффект на здоровье человека.

Таким образом, аварийные ситуации, сопровождающиеся нарушением целостности шламовых амбаров и приводящие к поступлению бурового шлама в окружающую среду, повышают риск для здоровья человека. Рассчитанные уровни канцерогенного риска и индекса опасности указывают на необходимость принятия комплекса решений о предотвращении возникновения чрезвычайных ситуаций, а также минимизации их последствий.