

Е.А. Вознесенский, Е.Н. Самарин, С.В. Найденко,  
О.В. Осипова, А.В. Танасевич, Л.В. Швергунова



Методические рекомендации по малозатратным мерам  
инженерной защиты экологически уязвимых зон при  
разработке нефтегазовых месторождений

Методические рекомендации по малозатратным мерам инженерной защиты экологически уязвимых зон при разработке нефтегазовых месторождений

Издательство  
Московского университета  
2000

ББК 38.58  
В 64  
УДК 624.131

Вознесенский Е.А., Самарин Е.Н., Найденко С.В., Осипова О.В.,  
Танасевич А.В., Швергунова Л.В.

В 64 Методические рекомендации по малозатратным мерам инженерной защиты экологически уязвимых зон при разработке нефтегазовых месторождений. – М.: Изд-во МГУ, 2000 – 20 с.

ISBN 5-211-04304-9

В методической разработке рассматриваются простые инженерные меры защиты окружающей среды от загрязнения на территориях нефтегазовых промыслов, основанные на рациональном «вписывании» инженерных объектов в окружающую среду и максимально использующие ее собственный потенциал к самоочищению и самовосстановлению без значительных материальных затрат. Для инженеров-проектировщиков, специалистов в области природоохранной деятельности и руководителей промыслов.

Рекомендации подготовлены в рамках проекта РОЛЛ 051/4. Координатор работ по проекту – Е.А. Вознесенский.

«Создание и распространение настоящих рекомендаций стало возможным, благодаря поддержке, предоставленной на основании соглашения о сотрудничестве между Институтом Устойчивых Сообществ из Монтпелиер (штат Вермонт, США) и Агентством США по международному развитию (AMP). Выраженные здесь мнения, а также мнения авторов не обязательно совпадают с мнениями Института Устойчивых Сообществ и AMP. Кроме того, упоминание торговых марок либо коммерческих продуктов не означает одобрение либо рекомендацию использования упомянутой продукции.»

"The development of these recommendations was made possible through support provided by the Institute for Sustainable Communities of Montpelier, Vermont U.S.A. and the USAID. The opinions expressed herein are those of the authors and do not necessarily reflect the views of the Institute for Sustainable Communities or the USAID. Furthermore, the mention of trade names or commercial products does not constitute endorsement or recommendation for use."

## Введение

Основными источниками загрязнения на территории нефтегазовых месторождениях могут быть: а) кусты добывающих и нагнетательных скважин, б) примыкающие к ним буровые амбары, в) линейные сооружения, к которым относятся локальные трубопроводы нефте- и газосборных сетей, магистральные трубопроводы, водопроводы, рассолопроводы, автодороги, г) дожимные и компрессорные насосные станции, д) факельные устройства для сжигания попутного газа, е) базы производственного обеспечения и тяжелой техники, ж) газо- и нефтеперерабатывающие заводы. Каждый из этих типов инженерных и технологических сооружений характеризуется своим совершенно определенным воздействием на окружающую среду. Детальные исследования на территориях нефтегазовых месторождений Западной Сибири и Поволжья показали, что снижение загрязнения окружающей среды, которое будет иметь устойчивый и долгосрочный характер, можно получить путем научно обоснованного «вписывания» объектов нефтегазовых промыслов в природную обстановку конкретного месторождения с учетом ее ландшафтных особенностей и с наименьшим потенциальным ущербом. Такие мероприятия не требуют прямых материальных вложений и основаны преимущественно на рациональном планировании размещения инженерных объектов и коммуникаций. По своему содержанию они представляют собой в основном меры инженерной защиты экологически наиболее уязвимых зон на территории нефтегазовых промыслов. Часть из них может быть реализована только на начальном этапе освоения новой площади, но остальные будут эффективны на любой стадии разработки месторождения.

ББК 38.58

ISBN 5-211-04304-9

© Вознесенский Е.А. и др.

## 1. Схема определения оптимальной плотности размещения факельных установок и их высоты.

### 1.1. Общие замечания

Факельные установки для сжигания попутных газов и газового конденсата – неотъемлемая, к сожалению, часть технологического цикла добычи нефти. На начальном этапе разработки нефтегазоконденсатных и газонефтяных месторождений факельные установки оборудуются на каждом кусте добывающих скважин, располагая их в непосредственной близости к нему. Такие установки функционируют до подключения куста скважин к локальному газопроводу, после чего выводятся из технологического цикла. Обычно кустовая свеча представляет собой трубу или Т-образную установку с двумя соплами высотой 3-6 м, обнесенную невысокой - до 1 метра - обваловкой из местного грунта радиусом не более 15-20 м.

Кроме кустовых площадок факельные установки - обычно в количестве от двух до четырех - располагают локально возле установок первичной сепарации нефти (УПСН), нефтестабилизирующих предприятий, газоперерабатывающих заводов или кустовых насосных станций (КНС). В этом случае высота обваловки достигает 1,5 м, а ее радиус может достигать 50-70 м. В любом случае размер и высота обваловки практически не допускают сильного температурного воздействия (до спекания грунтов) за ее пределами, поэтому негативное воздействие факельных установок на окружающую среду в наибольшей степени обусловлено разносом твердых продуктов горения - сажи и диоксинов. В настоящее время все насосные и сепараторные станции оборудуются одним или двумя, если этого требует технологический цикл, факелами высотой 20-30 м, представляющими со-

бой контрольные газовые свечи, «чистое» (без значительных выбросов сажи) горение которых свидетельствует о нормальном ходе сепарации.

Таким образом, исходя из требований технологии разработки нефтяного месторождения на разных этапах его эксплуатации, применительно к факельным установкам целесообразна оптимизация двух принципиально разных ситуаций: оптимальная плотность размещения кустовых факелов - на начальной стадии эксплуатации, и рациональное расположение и высота контрольных факельных устройств - при подключении нефтегазосборных сетей месторождения к магистральным трубопроводам и ввода в эксплуатацию газокомпрессорных станций или газоперерабатывающих предприятий.

Нашиими работами экспериментально установлено, что факельные установки небольшой высоты - менее 10 м - оказывают негативное воздействие на окружающую среду в следующих масштабах:

- высокотемпературное воздействие на окружающие грунты (обжиг) – только в пределах обваловки (первые метры);
- температурное воздействие на растительность, выражющееся прежде всего в угнетении хвойных деревьев, - в пределах зоны, радиус которой оценивается приблизительно 10-кратной высотой факела;
- разнос газообразных продуктов горения газа ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и т.д.) – в радиусе первых километров;
- выброс твердых продуктов горения (сажа) - на расстояние, примерно 100-кратно превышающее высоту факела.

Направление максимального теплового воздействия и разноса твердых отходов горения определяется розой ветров, а в направлениях, не совпадающих с розой ветров указанные расстояния уменьшаются приблизительно вдвое. Наиболее сильно реагируют на тепловое воздействие фа-

кельных установок таежные ландшафты, а в наименьшей степени подвержены изменениям – болотные мочажинно-грядовые.

## 1.2. Рекомендации по оптимальной плотности размещения факельных установок

### *1.2.1. На начальной стадии эксплуатации месторождения:*

1. Кустовые факела высотой 3-4 м, следует размещать на расстоянии не ближе 2 км друг от друга, что гарантирует наличие полосы по ширине вдвое превышающей радиус разлета твердых продуктов сжигания газов. Такое расположение факелов гарантирует, что, по крайней мере, более 50 % территории месторождения при большом количестве добывающих кустов не будет подвергаться загрязнению твердыми отходами, в том числе и диоксинами, что позволит сохранить биоразнообразие на его территории. При заданной высоте факельных свеч, это расстояние ( $S$ , м) можно оценить как

$$S = 200 \times (h_1 + h_2),$$

где  $h_1$  и  $h_2$  - высоты двух соседних факельных свеч (м).

2. Следует избегать размещения факельных свечей в одну линию по преобладающему направлению ветров, так как это способствует возникновению техногенно-геохимических аномалий с очень высоким содержанием твердых продуктов сгорания газоконденсата, значимую долю в которых могут составлять диоксины.

3. Каждая эксплуатирующаяся свеча или группа свеч, если они располагаются компактно, должны иметь обваловку из грунта любого механического состава (желательно с добавлением торфа) высотой и радиусом, достаточными для предотвращения растекания несгоревших жидких продуктов, разбрызгиваемых из сопла свечи. Обычно при создании обваловки принимают радиус, равный 5-кратному превышению высоты свечи. С на-

шей точки зрения этого вполне достаточно, даже по преобладающему направлению ветров. Высота обваловки при этом контролируется силой ветра: обычно составляя 1-1,5 м, она должна быть увеличена до 2 м для открытых участков.

4. Факельные свечи целесообразно располагать на наименее уязвимых биотопах, к которым следует в первую очередь отнести верховые болота с торфяниками. Если ландшафтная ситуация этого не позволяет, то факела надо размещать на старых вырубках, на которых интенсивно развивается лиственный подрост - береза, осина, ива, - являющийся более устойчивым к тепловому воздействию по сравнению с хвойными породами. Особенно чувствительны к продуктам горения газа пихта и лиственница, поэтому следует не допускать размещения факельных установок в таких биотопах.

5. Для снижения зоны разлета твердых продуктов горения высота свечи не должна превышать высоты прилегающего лиственного леса.

6. Рекомендуется устраивать над факелом коническую крышку с углом порядка 120°, устанавливая ее выше открытого пламени, что будет способствовать выпадению твердых продуктов горения в непосредственной близости от факела.

### *1.2.2. После подключения месторождения к магистральному газопроводу:*

1. Факельные установки размещаются в основном на УПСН, КНС, на газоперерабатывающих заводах. При нормальной работе оборудования они имеют высоту около 30 м и небольшую высоту пламени (из-за относительно низкого давления газа), поэтому обваловка вокруг них обычно не устраивается - из-за маленькой вероятности разбрьзгивания несгоревших нефтепродуктов. Результаты контрольных обследований околофакельных территорий на эксплуатирующихся месторождениях Западной Сибири и

Поволжья позволяет рекомендовать использование факелов на станциях первичной сепарации нефти высотой не более 15-18 м. В этом случае факельные установки не будут ощутимо возвышаться над окружающими деревьями, что существенно снизит радиус разноса твердых продуктов горения в концентрациях выше следовых (по крайней мере, он не будет превышать одного километра).

2. При отсутствии или техногенном - механическом - повреждении естественных лесов целесообразно создание искусственных посадок из лиственных пород: березы, осины и т.д. в радиусе 200 м вокруг факельных установок, так как они наиболее устойчивы к тепловому воздействию факелов. Особую актуальность наличие лесополос приобретает в степных районах Поволжья, где нет естественных препятствий на пути распространения твердых продуктов сгорания нефтепродуктов.

3. Стационарно действующие факельные установки по возможности лучше размещать в пределах наименее уязвимых биотопов, которыми являются, например, болота.



Западная Сибирь. Старые (вверху) и новые (внизу) газовые свечи. Болота менее уязвимы к продуктам сгорания по путных газов по сравнению с другими биотопами.



Поволжье. Продукты горения попутных газов разносятся по степи далеко за пределы месторождения.

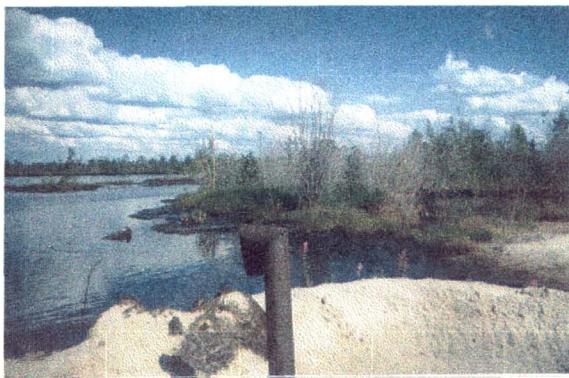


Поволжье. Повышенные выбросы сажи в атмосферу при аномальном режиме работы газовой свечи. Вверху – те же свечи крупным планом.



Западная Сибирь. Залитые нефтью болотные уроцища вдоль трасс трубопроводов.

Западная Сибирь. Аварийные разливы нефти у кустов промысловых скважин.



Западная Сибирь. Залитые нефтью берега озер и погибший лес.

## 2. Снижение загрязнения подземных вод и грунтов зоны аэрации стоками из буровых амбаров

### 2.1. Общие замечания

Основным длительно действующим источником загрязнения нефтепродуктами на кустовых площадках добывающих скважин являются буровые амбары. Источником более короткого срока действия служат локальные проливы, утечки, лужи и т.д., неизбежно возникающие при эксплуатации и ремонте нефтяных скважин.

Буровые амбары обычно расположены за пределами обваловки и представляют собой искусственно созданные котлованы, по длине соответствующие кустовой площадке (до 100 м) и шириной до 30-40 м, куда в процессе бурения скважин сбрасывается буровой раствор (водо-бентонитовая суспензия с утяжелителями, стабилизаторами и пр.), подземные воды, вскрываемые при проходке, а также сырая нефть. В результате весь котлован заполняется песчано-бентонитовой смесью, пропитанной нефтепродуктами и имеющей текущую консистенцию. При рекультивации буровые амбары обычно присыпаются сверху местным грунтом – как правило, поверхностными суглинками. В результате вследствие слабой консолидации этой бентонит-содержащей массы и в условиях ограниченного оттока влаги образуются значительные по размерам полости, являющиеся источником длительного диффузационного распространения ПАВ, ПАУ, фенолов и других токсикантов.

Локальные проливы нефтепродуктов, возникающие при текущем ремонте продуктивных скважин, имеют обычно небольшие объемы и, как правило, не распространяются за пределы обваловки кустовой площадки. В случае технологических аварий и больших объемов утечек возможно растекание нефти за пределы обваловки на ширину до нескольких десят-

ков метров. Такие разливы обычно носят поверхностный характер из-за низкой смачиваемости поверхности минеральных частиц грунтов нефтью. При рекультивации такие участки обычно засыпают песком. Во многих случаях, однако, амбары долго остаются открытыми и используются для сброса нефти при авариях или текущем ремонте скважин. В такой негативной ситуации сдерживается биодеградация сырой нефти, которая происходит более интенсивно под действием некоторых штаммов микроорганизмов, существующих в грунтах, а также увеличивается зона влияния амбара, т.к. при ливнях и снеготаянии происходят переливы нефтепродуктов с водой через обваловку. Наконец, при попадании в открытый нефтяной амбар гибнут земноводные, птицы и мелкие млекопитающие.

## 2.2. Мероприятия по локализации поступления загрязнений из буровых амбаров

1. При устройстве буровых амбаров в проницаемых грунтах (с коэффициентом фильтрации  $K_f > 0,01 \text{ м/сут}$ ) необходимо принимать меры, способствующие уменьшению фильтрации сточных вод в грунтовый массив. В числе таких простых мероприятий можно рекомендовать следующие:

- устройство бурового амбара такого объема, который позволил бы сразу после окончания бурения провести его рекультивацию с созданием экранирующего слоя из торфа;
- использование промывочной жидкости с повышенной концентрацией бентонита на начальных стадиях бурения, что будет способствовать кольматации грунтового массива (резкому снижению водопроницаемости за счет заполнения пор тонкими частицами);

- устройство обваловки вокруг бурового амбара, которая способствует предотвращению растекания промывочного раствора с нефтяной пленкой при выпадении большого количества осадков;
- возможно устройство полимерных экранов из геотекстильных материалов с низкой проницаемостью по дну и бортам амбара с присыпкой грунтом перед началом бурения – деградация этого материала будет идти вместе с биодеградацией нефтепродуктов, что снизит загрязнение прилегающих частей грунтового массива;
- длинную сторону бурового амбара желательно ориентировать параллельно линиям тока грунтовых вод, что будет способствовать уменьшению радиуса растекания сточных вод с нефтепродуктами.

2. Исключить расположение буровых амбаров над гидрогеологическими «окнами» в приповерхностных четвертичных отложениях – местах, где они содержат линзы или прослои грунтов с существенно повышенной относительно средней для толщи водопроницаемостью за счет меньшей суммарной мощности водоупорных или слабопроницаемых слоев, что позволит исключить ускоренное перетекание загрязненных грунтовых вод и вод техногенной верховодки в более глубокие водоносные горизонты.

3. При рекультивации буровых амбаров настоятельно рекомендуется засыпать их сначала торфом (желательно средней или высокой степени разложения), который является весьма эффективным природным адсорбентом по отношению к углеводородам, а уже поверх него - слоем местного грунта мощностью не менее 2-х метров, что будет способствовать быстрому возникновению дерновой подстилки и ускорит процессы почвообразования. При этом в условиях промывного режима вновь образующийся почвенный покров будет в достаточной степени защищен от загрязнения. Этот метод может быть очень эффективен в областях со значительными площадями болотных уроцищ – такими, как Западная Сибирь.

4. Амбары целесообразно (при возможности) располагать в рельефе ниже отметок кустовых площадок – в этом случае стоки будут частично улавливаться амбаром даже после его рекультивации, особенно эффективно, если последняя проведена с использованием торфа.

5. Проводить рекультивацию амбаров как можно быстрее по завершении буровых работ.

6. Отметку дна амбара выбирать на 0.5-1 м выше уровня грунтовых вод, что позволит полнее использовать поглотительную способность подстилающих – обычно глинистых – грунтов. При высоком уровне грунтовых вод эта мера целесообразна даже за счет увеличения площади дна амбара при заданном его объеме.

### 2.3. Мероприятия по локализации технологических проливов на кустах нефтедобывающих скважин

1. При засыпке значительных (более 10 м<sup>3</sup>) проливов нефтепродуктов за обваловкой кустов добывающих скважин целесообразно использовать ту же схему, то есть создавать двухслойное покрытие из торфа и местного грунта. При этом рекультивацию желательно начинать после образования на поверхности пролива вязкой пленки нефтепродуктов или полного их загустения после потери летучих фракций.

2. При эксплуатации нефтедобывающих скважин, к сожалению, неизбежно возникновение технологических аварийных ситуаций и связанных с ними профилактических и текущих ремонтных работ, сопровождающихся проливами нефти. Поскольку кусты добывающих скважин, как правило, оборудуются на песчаных отсыпках, то в их пределах формируются локальные техногенные линзы поверхностных вод, сильно загрязненных нефтепродуктами. Для замедления и даже предотвращения растекания их

по поверхности подстилающего грунтового массива с низкими фильтрационными характеристиками настоятельно рекомендуется по периметру отсыпки непосредственно за пределами обваловки устраивать траншейные барьеры-поглотители шириной около 1 м, заполненные материалом с высокими адсорбционными показателями по отношению к нефтепродуктам – например, хорошо разложившимся торфом.

3. Мощность песчаной отсыпки должна выбираться такой, чтобы ее общий объем при заданной пористости насыпного или намывного грунта мог полностью вместить в себя количество нефти, соответствующее среднестатистическому (по данному конкретному месторождению) с 50%-ой обеспеченностью технологическому проливу, что допускает (при необходимости) его замену без серьезного ущерба окружающему ландшафту.

4. В связи с тем, что песчаная обваловка по периметру кустовых площадок часто повреждается в результате ее размыва сточными водами, например, при сильных ливнях, которые выносят часть загрязняющих веществ за пределы площадки, рекомендуется создание второй – внешней обваловки из местных (лучше глинистых) грунтов на расстоянии нескольких метров от первой.

### **3. Снижение загрязнения окружающей среды при устройстве линейных сооружений месторождений**

#### **3.1. Общие замечания**

К линейным (коммуникационным) сооружениям на нефтегазовых месторождениях относятся:

- локальные трубопроводы нефте- и газосборных сетей;
- магистральные трубопроводы;
- дожимные и компрессорные насосные станции (ДНС, КНС);
- водопроводы;
- рассолопроводы;
- линии электропередач;
- автодороги.

При этом наибольший ущерб окружающей среде наносится магистральными трубопроводами, КНС, ДНС (проливы нефти при разрывах трубы, высачивание нефти на заглушках и затворах, аварии, обусловленные потерей прочности грунтов оснований и обратной засыпки при возбуждении в них динамических нагрузок от компрессорного оборудования и от вибрации самой трубы), а также автодорогами (заболачивание территории из-за нарушения поверхностного стока дорожными насыпями, отсыпками и лежневками). Воздействие ЛЭП на окружающую среду проявляется в основном через возбуждение электромагнитных колебаний, а также связано с локальным повреждением почвенного покрова и растительности на вырубках вдоль трассы ЛЭП. Аварии на водо- и рассолопроводах могут повлечь за собой снижение несущей способности грунтов оснований из-за локального подъема уровня грунтовых вод, а также засоление почв вплоть

до полного преобразования растительного сообщества и состава почвенной биоты.

#### **3.2. Меры по предотвращению заболачивания территорий в связи с прокладкой автомобильных дорог и грейдеров**

1. На наиболее пониженных участках рельефа, особенно на пересечениях небольших ручейков, в теле дорожной насыпи проще всего предусмотреть возможность свободного перетекания поверхностных вод через земляное полотно, например, путем укладки бетонных (во избежание коррозии стальных) труб достаточно большого диаметра, не требующих постоянной прочистки после листопада и снеготаяния.

2. На пониженных участках рельефа целесообразно устройство дренажных канав вдоль дорожной насыпи или, если необходимо, серии дренажных канав.

3. Территории нефтегазовых месторождений разделяются естественными, хотя и слабо выраженным в рельефе, но легко устанавливаемым по топографической карте водоразделами на несколько площадей водосбора разных рек, ручьев, озер. Рекомендуется прокладывать трассы хотя бы основных автодорог по линиям этих естественных водоразделов, что не нарушит направлений поверхностного стока и позволит снизить техногенное заболачивание прилегающих к дорогам земель.

#### **3.3. Меры по предотвращению аварий и утечек нефти на линиях трубопроводов и компрессорных станциях (КНС, ДНС)**

1. Локализация грунтов, чувствительных к динамическим воздействиям, на стадии инженерных изысканий. Размещение сооружений с мощными компрессорными установками на таких грунтах крайне нежелательно,

но при необходимости они могут возводиться на свайных фундаментах и с необходимой виброизоляцией. Если неизбежно прохождение трассы трубопровода через массив динамически неустойчивых грунтов, то следует по крайней мере дополнительно пригрузить трубу на этом участке (как при подводном прохождении дюкера) во избежание ее «всплытия» и повреждения в случае динамического разжижения грунта.

2. Локализация грунтов с повышенной коррозионной активностью по отношению к стальным и железобетонным конструкциям также на стадии инженерных изысканий. Здесь следует уделить особое внимание местам пересечения трассой участков контакта между грунтами разного состава, например, между речной террасой и поймой, пойменными и старичными отложениями, покровными глинистыми образованиями и торфянником – там, где возможно существование повышенной разницы собственных потенциалов грунта – как по материалам, так и по глубине.

3. При залегании вблизи дневной поверхности динамически малоустойчивых грунтов целесообразно увеличить расстояние между трубопроводом и обочинами автодорог с целью более полного поглощения грунтами вибрации от проходящего тяжелого транспорта во избежание дополнительных деформаций грунтов под трубопроводами и грунтов обратной засыпки, а также наложения вибраций от транспорта и от самого трубопровода. Зона ощутимого влияния автодороги на прилегающие части грунтовых массивов в отсутствие непрерывного транспортного потока составляет не более 40 м даже при движении тяжелых автомашин. Таким образом, расположение трассы трубопровода уже хотя бы в 20-25 м от обреза дороги даст достаточный эффект и позволит избежать дополнительного снижения несущей способности грунтов под действием динамических нагрузок от проходящего транспорта.



У Природы еще много сил. Но ей надо помочь.