

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова»

М.Г. Губайдуллин, Н.А. Макарский, Б.Х. Хамидов

**МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ
НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ**

Монография

Архангельск



ИПЦ САФУ

2013

УДК [504.5:622.276](470.1/.2)

ББК [20.18:33.36](231)

Г 93

*Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
Северного (Арктического) федерального университета
имени М.В. Ломоносова*

Рецензенты:

Ю.Г. Шварцман, доктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией комплексного анализа наземных
и космических данных для экологических целей Института
экологических проблем Севера УрО РАН;

М.И. Маськов, кандидат геолого-минералогических наук,
генеральный директор ООО «Техноэкология Плюс»

Губайдуллин, М.Г.

Г 93

Методы защиты верхней части геологической среды на основе локального мониторинга при эксплуатации нефтяных месторождений Европейского Севера России: монография / М.Г. Губайдуллин, Н.А. Макаровский, Б.Х. Хамидов; Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. – 168 с.

ISBN 978-5-261-00784-5

Работа посвящена исследованию характера техногенной нагрузки объектов нефтедобывающей инфраструктуры на верхнюю часть геологической среды в условиях развития многолетней мерзлоты, а также оценке её состояния на основе применяемых методов мониторинга. Рекомендована специалистам – нефтяникам, геологам, экологам, аспирантам.

УДК [504.5:622.276](470.1/.2)

ББК [20.18:33.36](231)

ISBN 978-5-261-00784-5

© Губайдуллин М.Г., Макаровский Н.А.,
Хамидов Б.Х., 2013

© Северный (Арктический) федеральный
университет им. М.В. Ломоносова, 2013

ВВЕДЕНИЕ

Разработка месторождений нефти и газа на Европейском Севере России (ЕСР) является важным элементом успешного развития отечественной экономики в XXI веке. В недрах этой территории содержится около 1,4 млрд т извлекаемых запасов нефти и более 4,0 трлн м³ природного газа. Этот потенциал способен поддержать топливными энергоресурсами развитие экономики России в течение значительного периода.

Вместе с тем зона европейской части Севера России представляет собой территорию со слабо развитой инфраструктурой. Для эффективной добычи углеводородов в приарктических районах и их транспортировки в центральную часть России и другие регионы потребуется обустроить десятки месторождений, пробурить сотни скважин различного назначения, построить тысячи километров трубопроводных систем. Строительство всех этих сооружений будет сопровождаться значительным техногенным воздействием на компоненты природной среды и сопряжено с определенными рисками, обусловленными природно-климатическими особенностями Арктической зоны европейской части России. Эта территория отличается, прежде всего, низкими среднегодовыми температурами (до -6 °С), продолжительным осенне-зимним периодом (около 250 дней в году), коротким летним периодом (около 90 дней в году). Помимо этого, на большей части территории ЕСР повсеместно распространены многолетне-мёрзлые породы (ММП) различной мощности (от 0 до 300–350 м). Наличие сезонного оттаивания верхней части ММП, в сочетании с их промерзанием в зимний период, может быть причиной пучения грунтов и, как следствие, деформации расположенных на них сооружений с вероятным их разрушением, сопровождающимся авариями и чрезвычайными ситуациями, которые приводят к разливам нефти, продуктов её переработки, опасных веществ, приме-

няемых при добыче нефти и её транспортировке. В совокупности с особенностями территории и низким восстановительным потенциалом природной среды подобные ситуации могут оказывать крайне негативное влияние на природные экосистемы, замедлять восполнение кормовой базы для животного мира, наносить урон традиционным промыслам коренных жителей, населяющих данную территорию. Помимо этого, ликвидация последствий аварийных ситуаций может отвлечь значительные финансовые средства на проведение работ по восстановлению целостности сооружений и приведению окружающей среды в исходное состояние и снизить рентабельность проводимых работ.

В связи с этим крайне важным при решении вопросов обустройства расположенных на ЕСП нефтяных месторождений является разработка и использование природоохранных технологий, обеспечивающих нейтрализацию негативных последствий проводимых работ и позволяющих осуществлять добычу и транспортировку углеводородов с сохранением всех компонентов природной среды.

Неотъемлемой частью комплекса технологий является использование локального экологического мониторинга, позволяющего объективно оценивать величину техногенного воздействия, оказываемого на чувствительные элементы природной среды, и ответную их реакцию. Прежде всего, речь идет о верхней части геологической среды (ГС), представленной толщей многолетне-мёрзлых пород, приуроченных к ней водоносных горизонтов, покрывающих толщу ММП почвенным слоем. Поверхностные водные объекты (водоёмы и водотоки, озёрно-болотные комплексы), приземный слой атмосферы, растительный покров и фауна, являясь компонентами природной среды, служат индикаторами загрязнения верхней части геологической среды. При обустройстве и эксплуатации месторождений углеводородного сырья указанные компоненты природной среды подвергаются изменениям в первую очередь. Локальный экологический мониторинг, в ходе которого осуществляется контроль ограниченного числа взаимозависимых природных сред, являющихся ключевыми для данной территории, позволяет оперативно и объективно оценивать состояние компонентов верхней части геологической среды, влияющих на безопасность производственных сооружений и, при необходимости, принимать оперативные меры для исключения предпосылок возникновения нештатных ситуаций.

Крайне важным аспектом при обустройстве и эксплуатации нефтяных месторождений является управление образующимися отходами производства. В процессе обустройства месторождений образуются как отходы строительных работ (металлолом, остатки изолирующих материалов), так и отходы буровых работ. Основную часть производственных отходов на этапе обустройства месторождения составляют отходы бурения – буровой шлам. Поэтому для исключения развития негативных процессов должны использоваться методы их временного накопления и способы утилизации, позволяющие исключить негативное воздействие на компоненты верхней части ГС.

Значительное негативное воздействие при разработке нефтяных месторождений в чувствительных арктических регионах оказывает антропогенная деятельность. Чрезмерная эксплуатация водоносных горизонтов с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения может привести к их истощению и нарушению гидродинамического режима. Отведение на рельеф местности не прошедших очистку сточных вод будет служить источником загрязнения верхней части ММП и поверхностных водных объектов ингредиентами и микробиологическими компонентами. Отсутствие контроля за уровнем техногенного и антропогенного прессинга на компоненты верхней части геологической среды может повлечь необратимые изменения в их состоянии.

Актуальность исследований, основные результаты которых обобщаются в данной книге, определяется необходимостью обоснования методов защиты верхней части геологической среды (слоя пород от поверхности до глубины 300–350 м, приуроченных к нему неглубоких водоносных горизонтов, почвенного слоя) от последствий техногенной нагрузки в условиях развития многолетней мерзлоты на основании результатов локального мониторинга её компонентов, испытывающих воздействие объектов нефтедобывающей инфраструктуры. Работа посвящена исследованию характера антропогенного воздействия на верхнюю часть геологической среды, а также оценке применяемых методов мониторинга её состояния на примере освоения Ардалинского комплекса нефтяных месторождений северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПНГП), расположенного на территории Ненецкого автономного округа (НАО). Результаты проводимого мониторинга компонентов верхней части геологической среды в

достаточной степени позволят обосновать комплекс мероприятий, направленных на снижение риска возникновения аварийных ситуаций с отрицательными экологическими последствиями при интенсификации добычи нефти на ЕСР, а также в районах с аналогичными природно-климатическими условиями.

С целью обоснования методов защиты верхней части геологической среды на основании результатов локального мониторинга в монографии рассмотрены и решены следующие задачи:

- исследование состава, свойств и температурного режима приповерхностных слоев мёрзлых пород как основных компонентов, определяющих устойчивость верхней части геологической среды;

- анализ источников, характера техногенного воздействия на верхнюю часть геологической среды и оценка результатов применения комплекса локального экологического мониторинга при обустройстве и эксплуатации месторождений нефти в условиях многолетней мерзлоты;

- разработка методик и способов защиты верхней части геологической среды от техногенного воздействия, обеспечивающих безаварийную эксплуатацию различных по назначению объектов нефтегазодобывающего комплекса;

- обоснование способа захоронения отходов бурения, исключающего негативное влияние на многолетнемёрзлые породы;

- выработка рекомендаций по внедрению берегозащитных мероприятий в прибрежной зоне Печорского моря.

Работа выполнена с использованием результатов наблюдений и аналитических исследований, полученных в процессе многолетних (более 15 лет) работ по мониторингу термического состояния ММП на АНГДК, температурного режима захороненных на полигоне отходов бурения. Авторами обобщены результаты наблюдений за эксплуатацией вишерского водоносного горизонта, являющегося источником хозяйственно-питьевого водоснабжения нефтепромысла, состоянием природной среды в районе производственных объектов АНГДК.

Показано, что в условиях ЕСР наличие ММП является одним из основных факторов, определяющих устойчивость верхней части ГС к техногенному воздействию. Рекомендуемый комплекс локального экологического мониторинга обеспечивает получение объективных характеристик теплообмена в мёрзлых и сезоннопромерзающих породах, а также режима подземных

вод таликовых зон ММП, сбалансированное состояние которых определяет стабильность верхней части геологической среды. Предложенные мероприятия и технологические решения, направленные на сохранение приповерхностных слоев ММП в исходном состоянии, обеспечивают эксплуатацию производственных сооружений, являющихся источниками теплового воздействия, без необратимых последствий для верхней части геологической среды.

Авторы надеются, что впервые обобщенные и изложенные результаты исследований и опыт применения их на практике нефтегазового производства в условиях заполярной тундры Европейского Севера России будут полезны как для специалистов, интересующихся решением аналогичных проблем в своей профессиональной деятельности, так и студентов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Характеристика природных условий разработки Ардалинской группы месторождений нефти	8
1.1. Краткая физико-географическая характеристика	8
1.2. Основные сведения о глубинном геологическом строении и ресурсах нефтегазовых месторождений региона	12
1.3. Четвертичные отложения	18
1.4. Геокриологические условия	22
Глава 2. Анализ источников и характера техногенного воздействия на верхнюю часть геологической среды при обустройстве и эксплуатации Ардалинского НГДК	30
2.1. Основные сведения об Ардалинском НГДК	30
2.2. Характеристика форм техногенного воздействия объекта на компоненты верхней части геологической среды	43
2.3. Анализ возможных последствий техногенного воздействия на верхнюю часть геологической среды	47
2.4. Обзор состояния мониторинга верхней части геологической среды при разработке месторождений нефти северных территорий	55
Глава 3. Принципы организации и результаты локального мониторинга верхней части геологической среды на нефтяном месторождении в условиях заполярной тундры	59
3.1. Основные принципы организации локального экологического мониторинга	59
3.2. Мониторинг термического режима многолетнемёрзлых пород	61
3.3. Мониторинг близлежащих подземных вод и поверхностных водных объектов	70
3.4. Мониторинг почвенного слоя и поверхности ММП	82
3.5. Мониторинг хозяйственно-бытовых сточных вод	87
3.6. Мониторинг приземного слоя атмосферного воздуха	91
3.7. Мониторинг флоры и фауны	99

Глава 4. Разработка методов и способов защиты верхней части геологической среды при освоении нефтяных месторождений на Европейском Севере России.....	102
4.1. Методы защиты верхних слоев многолетнемёрзлых пород..	102
4.2. Новая технология предотвращения смятия обсадной колонны скважины в зоне многолетнемёрзлых пород.....	116
4.3. Методы защиты подземных водоносных горизонтов	118
4.4. Способы захоронения отходов производства	122
4.5. Комплексная защита оснований морских береговых сооружений.....	139
Заключение.....	150
Список литературы	157