

---

---

**МЕТОДОЛОГИЯ  
И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

---

---

УДК 622.831.1:553.98(985)

**КОНЦЕПЦИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛА  
В РЕГИОНЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ**

© 2015 г. **Н. Н. Мельников, А. И. Калашник, Э. В. Каспарьян, Н. А. Калашник**

*Горный институт Кольского научного центра РАН  
ул. Ферсмана, д. 24, г. Анатиты, 184209 Россия. E-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru*

Поступила в редакцию 21.03.2014 г.

После исправления 25.08.2014 г.

Изложены разработанные авторами методические подходы и концепция геодинамического мониторинга нефтегазообъектов в регионе Баренцева моря, учитывающая тектонофизические особенности региона и включающая комплексы натуральных измерений геодинамически потенциально-опасных зон соответствующими методами контроля, прогнозные расчеты и моделирование, экспертные оценки природных и техногенных воздействий на нефтегазообъекты в целях прогнозирования и обнаружения на ранних стадиях признаков возникновения опасных деформационных процессов для принятия управляющих решений и превентивных мероприятий. Важное и обязательное условие концепции – соответствие структуры, режимности и комплексности геодинамического мониторинга стадиям (фазам) жизненного цикла нефтегазовых объектов.

**Ключевые слова:** *нефтегазообъекты, Баренцево море, окружающая среда, геодинамические риски, мониторинг.*

## ВВЕДЕНИЕ

Российский сектор региона Баренцева моря в ближайшей перспективе будет являться крупным стратегическим центром добычи и транспортирования углеводородов. Вводится в эксплуатацию Приразломное нефтяное месторождение, принимаются инвестиционные решения и проводятся предпроектные изыскания для реализации Штокмановского проекта: обустройство месторождения, трубопроводная доставка газа и газоконденсата от подводного добычного комплекса к побережью Кольского полуострова, строительство завода по сжижению природного газа (СПГ) в п. Териберка (в 100 км от г. Мурманска), строительство сухопутной части трубопровода от п. Териберка до г. Волхов с подключением к трубопроводу Nord Stream. Представляют несомненный интерес и обсуждаются месторождения в центральной части Баренцева моря: Мурманское, Северо-Кильдинское, Лудловское, Ледовое [9, 19]. Рассматриваются варианты трубопроводного транспортирования нефти с месторождений западной Сибири в порт г. Мурманска.

## ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Наряду с известными сложными арктическими условиями региона здесь возможны природно-техногенные геодинамические проблемы как при обустройстве месторождений, так и при добыче и транспортировании углеводородов [12, 15]. Северо-восточная часть Балтийского шхера, переходящая в береговую зону Баренцева и Белого морей, геодинамически активна: здесь инструментально регистрируются современные интенсивные движения земной коры, четко выделяются сейсмически активные Финнмаркско-Мурманская и Кандалакшская зоны ВОЗ (возможного очага землетрясения), в пределах которых происходят землетрясения магнитудой до 3–4 [2]. Непосредственно в районе планируемого строительства завода СПГ в начале XX в. произошло сильное землетрясение, что может свидетельствовать о возможности повторения там такого события. В центральной части Кольского полуострова, вследствие крупномасштабных горных работ на Хибинских и Ловозерских месторождениях, произошли индуцированные землетря-

сения магнитудой свыше 4, приведшие к катастрофическим разрушениям как подземных горных выработок, так и наземных сооружений и коммуникаций. При этом область воздействия землетрясений в десятки раз превышала район ведения горных работ.

О необходимости обеспечения геодинамической безопасности нефтегазообъектов в шельфовой и прибрежной зоне однозначно свидетельствуют мировой опыт добычи и транспортирования нефтеуглеводородов [4, 7, 14] и особенно широко известная экологическая катастрофа в Мексиканском заливе – авария и разрушение платформы Deepwater Horizon, а также ряд других чрезвычайных ситуаций и аварий, обусловленных геодинамическими проявлениями. Важным подтверждением необходимости решения задач обеспечения геодинамической безопасности объектов нефтегазопромывла в регионе Баренцева моря является отмеченная выше геодинамическая активность северо-восточной части Балтийского щита. Здесь происходит постгляциостатическое поднятие (всплывание) земной коры, при этом крупные геологические блоки по-разному и неравномерно смещаются по разломам; в пределах Кольского полуострова активны современные сейсмогенные зоны [17]. Для успешного решения задач геодинамической безопасности нефтегазообъектов в регионе необходимы организация и проведение соответствующего геомониторинга, который позволит выявить опасные геодинамические проявления на ранних стадиях их формирования для своевременного принятия решения по защите как самих объектов, так и окружающей природно-технической среды.

Для целей организации и проведения геодинамического мониторинга необходимо дать районирование следующих горно-геологических и индустриально-промышленных особенностей и объектов региона Баренцева моря:

- зоны высокого напряженно-деформированного состояния массивов пород верхней части земной коры, с преобладанием субгоризонтальной тектонической составляющей, которая в 2–3 раза может превышать собственный вес пород [1];
- области постгляциостатического поднятия (всплывание) земной коры; при этом крупные геологические блоки по-разному и неравномерно смещаются по разломам [17];
- зоны различной сейсмичности как природного, так и техногенного характера, имеющие ярко выраженную зональность, приуроченную к при-

брежным зонам и центральной части Кольского полуострова [2];

- участки рельефа в предгорьях и на сопках, в пределах которых градиент изменчивости высотных отметок может составлять сотни метров на погонный километр [8, 12, 14];
- расположение большого числа водных объектов, в том числе имеющих народно-хозяйственное значение (ГЭС, источники водоснабжения городов, населенных пунктов и промышленных предприятий);
- районы крупномасштабной и интенсивной разработки горнорудных месторождений подземным и открытым способом;
- местоположение Кольской атомной электростанции (АЭС): работающие блоки и строительство второй очереди.

Добыча нефтеуглеводородов окажет крупномасштабное воздействие на земную кору региона, что приведет к нарушению естественного относительно равновесного состояния недр и дальнейшей активизации тектонических разломов и современных блоковых движений земной коры, инициирующих опасные геодинамические процессы (проседания, крупномасштабные оползни, сдвигения (подвижки) пород, землетрясения, грязевые вулканы, газовые каналы и др.) [12, 15] (рис. 1). Геомеханическая эволюция нефтегазовой природно-технической системы (НГ ПТС), испытывающей постоянное природное и техногенное влияние (нижняя часть рис. 1), реализуется в изменении напряженно-деформированного состояния (НДС), соответственно: самого коллектора (верхний над нижней частью рисунка ряд прямоугольников с текстом как иллюстрация результирующих проявлений изменения НДС), далее – перекрывающего коллектор массива пород (в каких результирующих проявлениях реализуется в нем изменение НДС), и верхний ряд – соответственно, результирующие проявления изменения НДС в придонных слоях. Безусловно, результирующие проявления (сейсмичность, активизация разломов, раскрытие существующих и образование новых трещин (вплоть до магистральных) в вышележащих породах будут оказывать вторичное воздействие на состояние НГ ПТС. Таким образом, природные и природно-техногенные явления могут быть “спусковым механизмом” как для вторичных собственных проявлений, так и для внезапного разрушения несущих конструкций буровых установок и платформ, технологического оборудования и трубопроводов, деформи-



**Рис. 1.** Воздействие на шельфовое нефтегазовое месторождение и результирующие геомеханические процессы и геодинамические проявления. НДС – напряженно-деформированное состояние.

рованию, смятию и разрушению скважин и т.п. [3, 7, 15, 16].

В процессе добычи нефти и/или газа из продуктивных коллекторов произойдет техногенное деформирование пород коллекторов и вмещающего массива, при этом деформации и перемещения, имеющие цикличное (линейное и нелинейное) развитие, будут недоступны для прямых измерений и наблюдений [12, 15, 16]. Техногенное деформирование пород скажется в первую очередь на главных компонентах нефтегазового промысла – скважинах и трубопроводах, которые как протяженно-линейные объекты, находящиеся в массиве горных пород (по сути “защемленными”), весьма чувствительны именно к локальным, относительно небольшим объемным (зачастую знакопеременным) деформациям вмещающих их пород. Суммарное число отказов и аварий на скважинах и трубопроводах превышает 50% от общего числа [4].

## МИРОВОЙ ОПЫТ

Анализ накопленного к настоящему времени мирового опыта как сухопутных, так и морских (шельфовых) нефтегазовых разработок [4, 7, 14, 16] показывает, что количество аварийных ситуаций на платформах, сооружениях для добычи и хранения углеводородов, скважинах, трубопроводах и др. превышает 3000 случаев, а экономический ущерб, с учетом аварии на платформе Deepwater Horizon, превысил 47000 млн долларов США. Наибольшее число случаев произошло на платформах (35%), трубопроводах (26%) и скважинах (20%) (рис. 2).

Анализ влияния различных факторов на возникновение аварийных ситуаций на морских нефтегазовых разработках показывает, что наибольшее число аварий произошло за счет потери устойчивости, механических повреждений и разрушений конструкций (более 46%), тяжелых погодных условий (7%), удара (5%) и др. факторов (рис. 3).

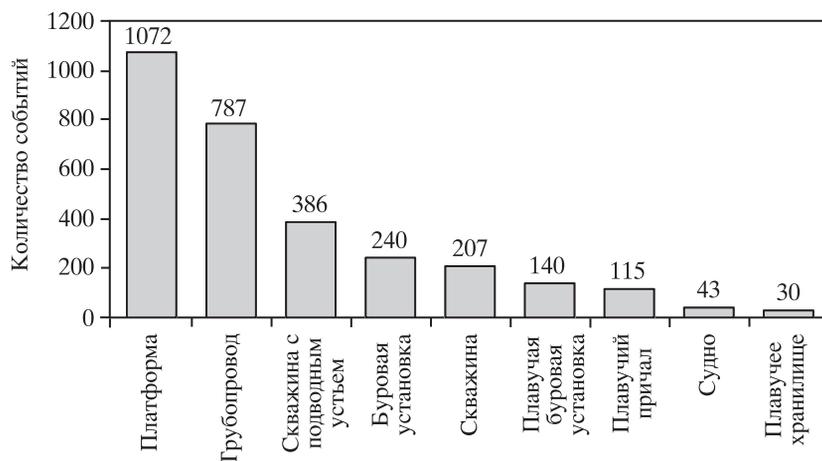


Рис. 2. Подверженность компонентов нефтегазодобычи отказам и авариям.



Рис. 3. Влияние различных факторов на возникновение аварийных ситуаций на морских нефтегазовых разработках Европы (по [4]).

Следует отметить, что фактически по каждой пятой и более аварийной ситуации причина неизвестна (22%). При этом аварии происходили на различной стадии жизненного цикла нефтегазового объекта, начиная от его строительства.

### ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА

По мнению авторов, основная идея концептуального подхода к обеспечению геодинамической безопасности нефтегазовых объектов в регионе Баренцева моря должна заключаться в том, что

для каждого этапа жизненного цикла нефтегазового объекта должны выполняться соответствующие специальные геомеханические и геодинамические исследования, в результате которых должны разрабатываться и реализовываться превентивные геобезопасные мероприятия, обеспечивающие геодинамическую безопасность объекта, по алгоритму “планирование работ – идентификация опасностей – оценка риска – геомеханическое обоснование – разработка рекомендаций и мероприятий по уменьшению риска” [5, 6, 15]. Обязательным условием обеспечения геодинамической безопасности должен стать системный монито-

ринг, проведение которого позволит выявить на ранней стадии развитие опасных деформационных процессов и своевременно принять управленческое решение по предотвращению развития чрезвычайной и аварийной ситуации. В частности, авторами обоснована организация и предложена система геодинамического мониторинга по трассам магистральных нефте- и газопроводов на территории Кольского полуострова [11].

Выполненный авторами анализ федеральных законов, СНиПов, ГОСТов, руководящих (РД) и нормативно-правовых (ПБ и др.) документов, так или иначе связанных с обеспечением мониторинга состояния недр и объектов поверхности при разработке месторождений, показал, что основные положения геодинамического мониторинга в этих документах отражены в общих чертах, а в некоторых и просто декларативно. На практике геодинамический мониторинг осуществляется прежде всего в тех регионах, где активно работают научно-исследовательские организации соответствующего профиля. Как пример можно привести разработку величин допустимых деформаций для нефтегазовых, промышленных и гражданских объектов (табл. 1) [10].

#### ПРИНЦИПЫ МОНИТОРИНГА

Следует также отметить, что некоторыми исследователями выделяются два вида мониторинга: прогностический [10, 11, 14, 20], включающий организацию и проведение регулярных наблюдений за процессами или геоиндикаторами, отражающими их развитие, и охранный [18], в который входит организация и функционирование системы, реагирующей на экстремальное воздействие и реализующей автоматическое включение защитных мер.

К результатам прогностического мониторинга относятся временные ряды наблюдений, формирующие специальные базы данных с возможностью первичной логической обработки и структуризации. На основе анализа результатов этого мониторинга устанавливаются закономерности динамики процессов, дается прогноз их развития и возможности опасных проявлений, вплоть до формирования чрезвычайных ситуаций.

Охранный мониторинг должен решать две основные задачи при экстремальном воздействии на объект [18]: *информирование* МЧС и других служб обеспечения безопасности, а также персонала объекта и включение предупредительной сигнализации; и *реагирование* – автоматическое

**Таблица 1.** Допустимые деформации гражданских, промышленных и нефтегазовых объектов [10]

Объекты	Допустимые деформации, $\epsilon$
Гражданские и промышленные объекты высотой до 10 м	$(2-5.5) \cdot 10^{-3}$
Гражданские и промышленные объекты высотой 10–15 м	$(2.5-6.5) \cdot 10^{-3}$
Буровые вышки	$(2-2.5) \cdot 10^{-3}$
Газопроводы и нефтепроводы	
наземные	$8 \cdot 10^{-3}$
подземные (песок)	$(2.5-3.5) \cdot 10^{-3}$
подземные (глина)	$(1-2.5) \cdot 10^{-3}$
подземные (суглинок)	$2.5 \cdot 10^{-3}$

отключение систем энергообеспечения и включение систем защитных мероприятий.

Для целей прогностического геодинамического мониторинга авторами развивается системная структура геодинамического мониторинга добычи, хранения и трубопроводного транспортирования углеводородного сырья в регионе Баренцева моря [6, 11, 12, 14, 15], учитывающая тектоно-физические особенности региона и включающая комплексы натуральных измерений потенциально-опасных зон соответствующими методами контроля, прогнозных расчетов и компьютерного моделирования, экспертных оценок природных и техногенных воздействий на нефтегазообъекты в целях прогнозирования и обнаружения на ранних стадиях признаков возникновения опасных деформационных процессов для принятия управляющих решений и превентивных мероприятий. При этом должны решаться следующие задачи:

- первоочередное формирование геомеханических моделей контролируемых горнотехнических систем и сооружений, включающих оценку геодинамического риска и соответствующее районирование рассматриваемого региона;
- выбор, обоснование и оценка возможных значений приоритетных контролируемых параметров;
- оборудование наблюдательных пунктов (полигонов);
- выполнение измерений (определения) контролируемых параметров в натуральных условиях;
- формирование баз данных натуральных наблюдений и расчетных параметров;

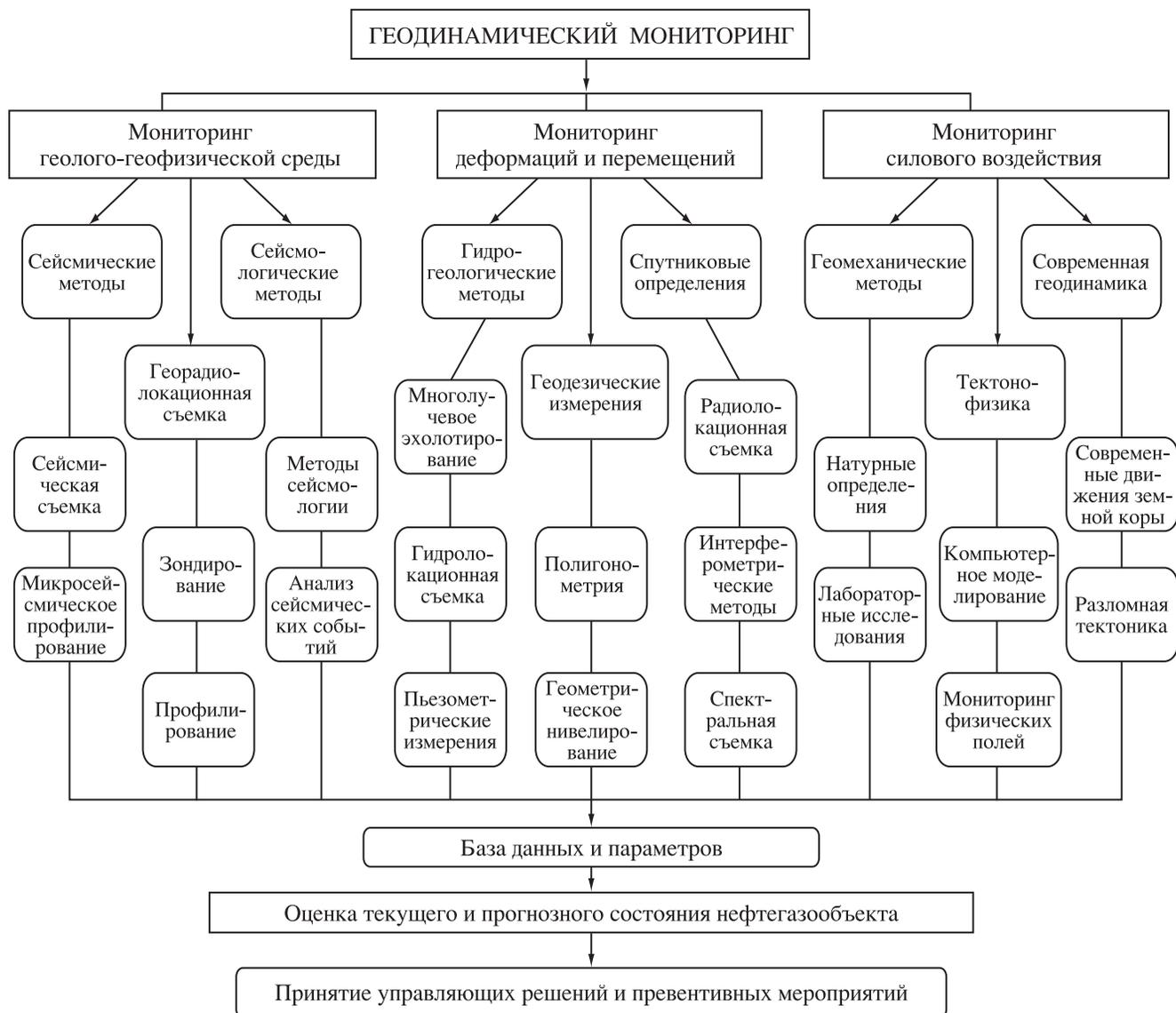


Рис. 4. Системная структура геодинамического мониторинга добычи, хранения и трубопроводного транспортирования углеводородного сырья в регионе Баренцева моря.

- первичная обработка и логическое структурирование данных;
- верификация геомеханических моделей путём сопоставления измеренных контролируемых параметров и соответствующих расчетных значений;
- установление нормативных или расчёт на моделях прогнозно-критических параметров, соответствующих виртуальной катастрофической ситуации;
- сопоставление измеренных значений с нормативными или расчетными прогнозно-критическими значениями;

- оценка текущего и прогноз дальнейшего состояния контролируемых объектов;
- принятие управленческих решений и превентивных мероприятий;
- контроль эффективности реализации превентивных мероприятий.

В развитие методологических подходов, изложенных в работе [12], авторами систематизированы методы и средства для проведения мониторинга соответствующих параметров геолого-геофизической среды, смещений и деформаций, а также силового воздействия (рис. 4). Наряду с уже традиционными сейсмическими и сейсмологическими методами для мониторинга

**Таблица 2.** Методы исследований и результаты геодинамического мониторинга для различных стадий жизненного цикла нефтегазового объекта

Жизненный цикл (стадия, фаза) нефтегазообъекта	Изыскания		Мониторинг
	Методы исследований	Результаты	
Предпроектные решения (обоснование инвестиций)	Сбор, систематизация, анализ инженерно-геологических и тектонофизических данных	Укрупненные инженерно-геологические и тектонофизические данные	Не применяется
ОВОС	Укрупненные инженерно-геологические, гидрогеологические и геофизические изыскания. Спутниковые определения, методы современной геодинамики. Укрупненное геодинамическое моделирование. Прогнозные расчеты	Идентификация природных и техногенных геодинамических опасностей. Предварительная оценка воздействия на геологическую среду	Для выявления основных тектоно-физических процессов и оценки геодинамического режима региона
Проект разработки	Детализированные инженерно-геологические, гидрогеологические и геофизические изыскания. Наземная и спутниковая геодезия. Геодинамическое и геомеханическое моделирование	Уточненные инженерно-геологические и геомеханические данные. Геодинамическое районирование. Оценка геодинамических рисков	Для выявления геодинамически опасных зон и участков
Строительство объектов и обустройство месторождений	Режимные геодезические и геофизические измерения. Автоматизированные системы охранного мониторинга. Детализированные геодинамические и геомеханические исследования	Корректировка проектов, технических параметров. Защитные меры и мероприятия	Постоянный мониторинг геодинамически потенциально опасных участков
Добыча, хранение, переработка и транспортирование углеводородного сырья	Режимные геодезические и геофизические измерения. Автоматизированные системы охранного мониторинга. Детализированные геодинамические и геомеханические исследования	Уточнение и оптимизация технологических параметров. При необходимости – оперативные защитные меры и мероприятия	Постоянный мониторинг геодинамически потенциально опасных участков
Консервация нефтегазообъектов	Аэрофотосъемки, космофотосъемки. Наземная и спутниковая геодезия. Визуальное обследование	Данные по геодинамическому изменению геологической среды	Мониторинг по сокращенной схеме

геолого-геофизической среды предлагается использовать георадиолокацию, достаточно хорошо зарекомендовавшую себя при мониторинге горнотехнических систем [13]. Смещения и деформации дневной поверхности и объектов нефтегазопромысла достаточно уверенно и с высокой точностью определяются классической (нивелирование и полигонометрия) и спутниковой геодезией. Дополнительное использование данных гидрогеологических наблюдений позволяет по-

лучить более полную картину результирующих смещений с учетом глубинных процессов. Для мониторинга силового воздействия рекомендуется комплексирование методов геомеханики, современной геодинамики и тектонофизики.

Важным и обязательным условием является соответствие структуры, режимности и комплексности геодинамического мониторинга стадиям (фазам) жизненного цикла нефтегазовых объектов (табл. 2). Для предпроектных решений (стадия об-

основания инвестиций) достаточно ограничиться сбором, систематизацией и анализом инженерно-геологических и тектонофизических данных. Для следующей стадии – оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС), геодинамический мониторинг необходим для выявления основных тектонофизических процессов и оценки геодинамического режима региона планируемого расположения нефтегазообъекта. Выявленные на основе мониторинга геодинамически потенциально опасные участки и зоны должны быть учтены в проектах (техническом и рабочем), с реализацией опережающих мер обеспечения геобезопасности. На стадии строительства объектов и обустройства месторождений должен осуществляться постоянный мониторинг геодинамически потенциально опасных участков, что позволит выявить развитие опасных процессов на ранних стадиях, своевременно внести коррективы в технические параметры и принять защитные меры и мероприятия. В последующем, в процессе эксплуатации нефтегазообъекта, мониторинг должен выполняться постоянно с использованием комплексных методов и средств и получением детализированной пространственно-временной информации о состоянии нефтегазообъекта и сопряженной с ним геологической среды. Сокращенная схема мониторинга на срок до 10, а в наиболее ответственных случаях и до 20 лет, должна применяться при выводе нефтегазообъектов из рабочего режима и консервации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье изложены разработанные авторами методические подходы и концепция геодинамического мониторинга нефтегазообъектов в регионе Баренцева моря, учитывающая тектонофизические особенности региона и включающая комплексы натурных измерений геодинамически потенциально опасных зон соответствующими методами контроля, прогнозные расчеты и моделирование, экспертные оценки природных и техногенных воздействий на нефтегазообъекты в целях прогнозирования и обнаружения на ранних стадиях признаков возникновения опасных деформационных процессов для принятия управляющих решений и превентивных мероприятий. Важным и обязательным условием должно стать соответствие структуры, режимности и комплексности геодинамического мониторинга стадиям (фазам) жизненного цикла нефтегазовых объектов.

*Исследования выполнены по Программе Отделения наук о Земле РАН ОНЗ-1 "Геологическое*

*строение и нефтегазоносность Арктики (территории и акватории)".*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геодинамическая безопасность при освоении недр земной поверхности / Отв. ред. А.А. Козырев. Апатиты: КНЦ РАН, 2003. 207 с.
2. Годзиковская А.А., Асминг В.Э., Виноградов Ю.А. Ретроспективный анализ первичных материалов о сейсмических событиях, зарегистрированных на Кольском полуострове и прилегающей территории в XX веке / Отв. ред. А.Н. Виноградов. М.: Ваш полиграфический партнер, 2010. 130 с.
3. Дмитриевский А.Н., Кульпин Л.Г., Максимов В.М. Проблемы освоения природно-техногенных объектов морской добычи углеводородов в Арктике // Мурманшельфинфо. 2009. № 1 (6). С. 11–16.
4. Кайзер М.Дж., Пулицфер А.Г. Риски и потери при морской добыче // Нефть и газ. 2007. № 6. С. 96–105.
5. Калашник А.И. Геомеханическое обеспечение безопасности нефтегазовых объектов в районе Баренцева моря // RAO/CIS OFFSHORE 2013: тр. 11-й Междунар. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ 10–13 сентября 2013 г. Санкт-Петербург. СПб.: Химиздат, 2013. С. 304–306.
6. Калашник А.И. Научно-технические основы геодинамической безопасности освоения углеводородных ресурсов западного сектора российской Арктики // Зап. Горного ин-та. 2013. Т. 201. С. 261–268.
7. Калашник А.И., Калашник Н.А. Социально-экономические последствия чрезвычайных ситуаций и аварий при нефтегазодобыче на шельфе // Зап. Горного ин-та. 2013. Т. 201. С. 34–39.
8. Калашник А.И., Максимов Д.А. Автоматизация геостатистической обработки данных при проведении факторного анализа трасс линейно-протяженных объектов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2013. № 8. С. 19–21.
9. Каминский В.Д., Андреев С.И., Смирнов А.Н., Супруненко О.И., Козлов С.А. Перспективы развития МСБ России на континентальном шельфе и в Международном районе Мирового океана // Разведка и охрана недр. 2012. № 9. С. 98–104.
10. Кашиников Ю.А., Залялов И.М., Соснин В.Г., Беляев К.В. и др. О создании геодинамических полигонов для мониторинга деформационных процессов при разработке месторождений углеводородов // Нефтяное хозяйство. 2013. № 4. С. 6–9.
11. Козырев А.А., Калашник А.И., Каспарьян Э.В., Савченко С.Н. Концепция организации геодинамического мониторинга нефтегазовых объектов

- западного сектора Российской Арктики // Вестн. МГТУ. Тр. Мурман. гос. тех. ун-та, 2011. Т. 14. № 3. С. 587–600.
12. Мельников Н.Н., Калашиник А.И. Геодинамические аспекты освоения шельфовых нефтегазовых месторождений (на примере Баренцрегиона) // Геоэкология. 2010. № 4. С. 291–301.
  13. Мельников Н.Н., Калашиник А.И. Определение подповерхностной структуры и мониторинг состояния природно-технических систем // Север промышленный. 2010. № 4(34). С. 50–51.
  14. Мельников Н.Н., Калашиник А.И. Шельфовые нефтегазовые разработки: геомеханические аспекты. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. 140 с.
  15. Мельников Н.Н., Калашиник А.И. Шельфовые нефтегазовые разработки западного сектора российской Арктики: геодинамические риски и безопасность // Газовая промышленность. 2011. Спецвыпуск 661. С. 46–53.
  16. Механика горных пород применительно к проблемам разведки и добычи нефти: Сб. науч. тр. / Под ред. В. Мори и Д. Фурментро. М.: Мир, 1994. 416 с.
  17. Никонов А.А. Современные движения земной коры. Изд. 2-е, доп. М.: КомКнига, 2006. 192 с.
  18. Осипов В.И., Гинзбург А.А., Новикова А.В. Системы охранного сейсмического мониторинга потенциально опасных объектов // Геоэкология. 2010. № 4. С. 458–461.
  19. Супруненко О.И., Сулова В.В. Западно-Арктическая нефтегазоносная провинция: ресурсная база углеводородного сырья, состояние и перспективы недропользования // Горный журн. 2012. № 3. С. 66–71.
  20. Хренов Н.Н. Основные положения методики мониторинга трассы Восточная Сибирь – Тихий океан // Геодезия и картография. 2011. № 2. С. 40–47.

## CONCEPT OF GEODYNAMICAL MONITORING OF OIL AND GAS INDUSTRY OBJECTS IN THE BARENTS SEA REGION

**N. N. Melnikov, A. I. Kalashnik, E. V. Kasparian, N. A. Kalashnik**

*Mining Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences  
ul. Fersmana 24, Apatity, 184209 Russia. E-mail: kalashnik@goi.kolasc.net.ru*

The paper discusses the authors' methodical approaches to and the concept of geodynamical monitoring of oil and gas objects in the Barents Sea region. This concept takes into account the regional tectonic-physical features; it includes in-situ measurements of geodynamically hazardous zones using relevant control methods, prediction calculations and modelling, expert assessment of natural and human impact on oil and gas objects in order to predict and reveal the signs of hazardous deformation processes for making decisions and taking preventive measures. Compliance of structure, operability and complexity of geodynamical monitoring to stages (phases) of operational life of oil and gas objects appears to be an important and obligatory condition in the concept.

**Keywords:** *oil and gas objects, Barents Sea, environment, geodynamical risks, monitoring.*