УДК 504.064.2.001.18
DOI: 10.24412/2658-4255-2021-1-23-32

Для цитирования:
Брехунцов А.М., Петров Ю.В., Прыкова О.А. Концептуальное представление создания опорной наблюдательной сети для мониторинга многолетнемерзлых пород // Российская Арктика. 2021. № 12. С. 23–32. DOI: 10.24412/2658-4255-2021-1-23-32

Получена: 25.12.2020
Принята: 12.02.2021
Опубликована: 20.02.2021

Статья распространяется в полнотекстовом формате на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СОЗДАНИЯ ОПОРНОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

А.М. Брехунцов[1], Ю.В. Петров[1], О.А. Прыкова[1]

[1]ООО «Многопрофильное научное предприятие «Геодата», г. Тюмень, Россия; ntc@mnpgeodata.ru

Аннотация: Изучение многолетнемерзлых пород является одним из важнейших направлений для исследования и мониторинга на территории арктической зоны как на территории РФ, так и по всему миру. В статье предлагается концепция по созданию опорной наблюдательной сети для мониторинга многолетнемерзлых пород. Данная сеть предназначена для полного обследования территории. Имеющихся сетей и отдельных станций не достаточно, так как они носят разрозненный характер. В итоге исследования приведен ряд предложений, направленность которых и коммерческая (для недропользователей), и управленческая (для государственных структур).

Ключевые слова: мерзлотные режимные станции, многолетнемерзлые породы, наблюдательная сеть, недропользование, развитие Арктики

PROPOSALS FOR THE LEGISLATIVE SUPPORT FOR THE CREATION OF A REFERENCE OBSERVATIONAL NETWORK FOR MONITORING PERMAFROST SOILS

A.M. Brekhuntsov[1], Y.V. Petrov[1], O.A. Prykova[1]

[1] Multidisciplinary Scientific Enterprise Geodata LLC, Tyumen, Russian Federation; ntc@mnpgeodata.ru

Abstract: The study of permafrost is one of the most important areas of study and monitoring in the Arctic zone, both in the Russian Federation and around the world. Changes in the condition of permafrost can lead to emergencies caused by emergencies during the operation of capital construction facilities for industrial purposes, or infrastructure facilities. To track such changes, it was proposed to create a reference observation network for monitoring permafrost soils. This network is intended for a comprehensive survey of the territory. As a result of this research, a number of proposals are presented, the focus of which is both commercial (for subsurface users) and managerial (for state structures).

Keywords: development of the Arctic, observation network, permafrost, permafrost regime stations, subsoil use

Введение

На сегодняшний день очень активно реализуется арктическая деятельность. В 2014 году была утверждена государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», которая предусматривает такое основное мероприятие, как «Обеспечение хозяйствования в условиях вечномерзлых грунтов». Для реализации поставленных задач программы необходимо предпринять ряд мер. Изменение пород может привести к аварии, как случилось на севере Красноярского края. В г. Норильске 29 мая 2020 года произошла разгерметизация резервуара, где хранилось топливо, часть нефтепродуктов попала в реку Амбарная. Экстренные службы позднее сообщили, что предельно допустимые

концентрации загрязнителей в реках, куда попало дизельное топливо после аварии, превышены. Для отслеживания изменений в показаниях загрязнения предложено создание опорной наблюдательной сети мониторинга многолетнемерзлых грунтов. Сеть предназначена для комплексного обследования территории. На заседании Совета по Арктике и Антарктике при Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации на тему «О законодательном обеспечении сохранности многолетнемерзлых грунтов при хозяйственном освоении Арктической зоны Российской Федерации», прошедшем в г. Москва в 2018 году, Брехунцовым А.М. в рамках доклада «Предложения по законодательному обеспечению создания опорной наблюдательной сети мониторинга многолетнемерзлых грунтов (на примере ямало-ненецкого автономного округа)» был внесен ряд предложений, связанных с изучением многолетнемерзлых пород, направленность которых коммерческая и управленческая.

Глобальные природно-климатические изменения выступают источниками экологических угроз, прежде всего, для территориальных общественных систем [1,2,3] полярных и циркумполярных широт [4,5,6,7,8]. На территории Арктической зоны Российской Федерации[1] , отличающейся высокой антропогенной вовлеченностью в хозяйственный оборот, трансформационные процессы проявляются более активно, чем в других природных зонах Земли и секторах Арктики, прежде всего, в границах западно- и среднесибирской субарктики [9,10]. «Бугристые болота субарктики Западной Сибири являются замечательным индикатором климатических изменений. Сегодня в этом регионе в силу более резкого потепления климата, обусловленного высокой степенью его континентальности, происходят процессы, с которыми скандинавские страны, Канада и Аляска, столкнутся только через несколько лет» [11, с. 185]. Несмотря на то, что ряд российских и зарубежных авторов строили подобные предположения в начале века, последующая история наблюдений этого не подтвердила. Помимо экологической неопределенности настоящего и будущего также необходимо отметить неблагоприятное арктическое экологическое наследие [12,13,14,15,16], объекты которого требуют мониторинга и рекультивации [32, 33]. Очевидно, что в таких сформировавшихся условиях цена ошибки от принятия неправильного государственного управленческого решения в Арктической зоне РФ становится предельно высокой.

Это отчетливо проявилось в зоне чрезвычайной ситуации в Норильске в 2020 г.[2] , когда отсутствие своевременной мониторинговой информации привело к разливу тысяч тонн нефтепродуктов ТЭЦ 3 ОАО «Норильско-Таймырской энергетической компании». Проблема обнажила необходимость оперативного слежения за состоянием многолетнемерзлых пород (ММП). Для исключения нерациональных финансовых затрат необходимо внедрение ландшафтного подхода [17,18,19,20]. В противном случае, могут быть достигнуты результаты по информационному сопровождению состояния ММП, но они не будут увязаны с состоянием недр, природных вод, воздушных масс, соответственно, будут отвечать на узковедомственные узкоспециализированные запросы.

Исходя из того, что ответы на экологические вызовы нужны уже сегодня, то и решения должны обладать оперативностью бюрократического внедрения. Глобальные перестройки чреваты потерей драгоценного времени, перетекающего в экономические убытки. Цель работы: разработать комплекс мероприятий, направленных на организацию информационно-обеспеченных управленческих решений, определяющих экологическую безопасность жизнедеятельности в Арктической зоне РФ.

Для достижения поставленной цели нами сформулированы следующие задачи:

1 Согласно Указу Президента РФ от 02.05.2014 №296 (в ред. Указа Президента РФ от 05.03.2020 №164).

2 Протокол заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 03.06.2020 №3.

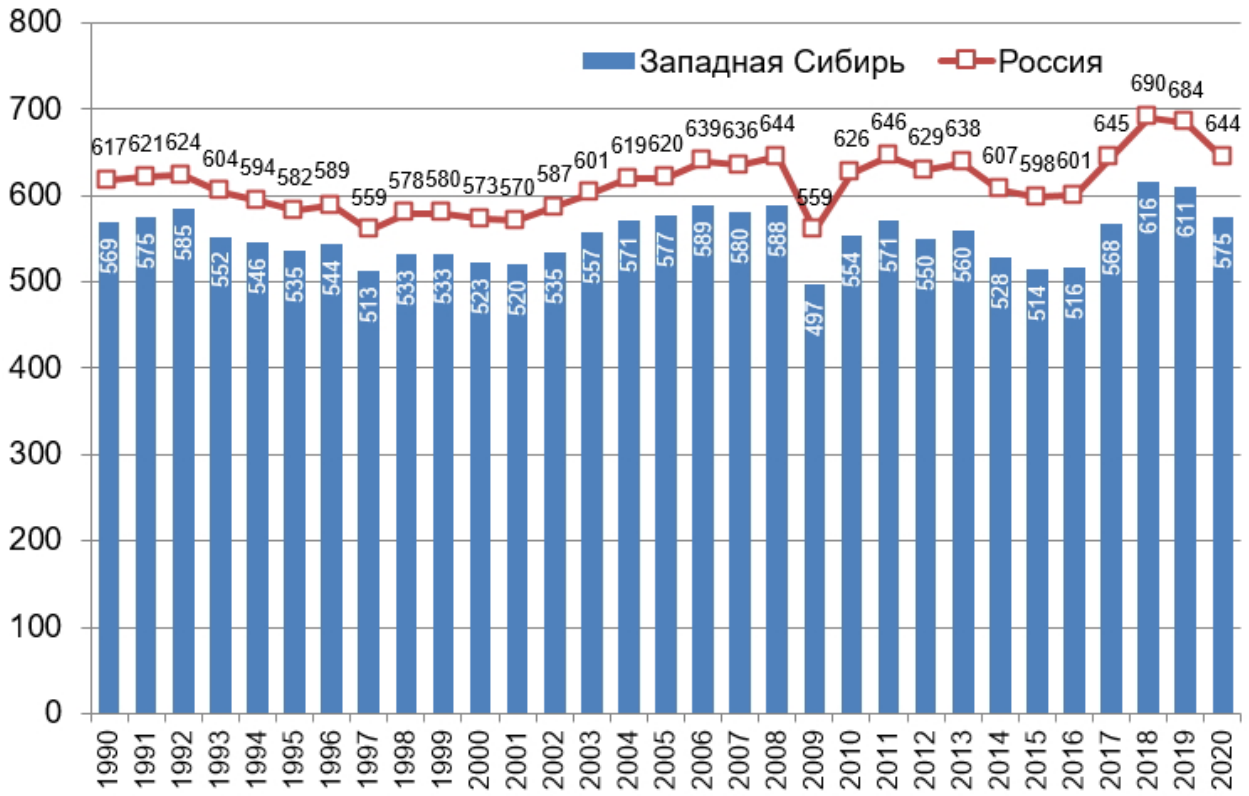


Рисунок 1 – Добыча газа в РФ, млрд.м3.

1. систематизировать сведения по параметрам геоинформационного мониторинга на объектах недропользования, на примере Ямало-Ненецкого автономного округа;
2. разработать технологию организации автоматизированного мониторинга за параметрами окружающей среды;
3. определить юридические государственные механизмы реализации системы автоматизированного мониторинга за параметрами окружающей среды в Арктической зоне РФ.

Объектом модельного исследования выступает Ямало-Ненецкий автономный округ. Выбор данной арктической территории обусловлен, с одной стороны, наличием высокого антропогенного пресса на окружающую природную среду, прежде всего, со стороны объектов профильной газовой промышленности (Рис. 1), с другой стороны – высокой уязвимостью региональных ландшафтов к природно-климатическим трансформациям, в том числе, вследствие сложного геоморфологического и геокриологического строения местности в границах углеводородного промысла (Рис. 2). На рисунке 2, как пример, представлены геокриологические

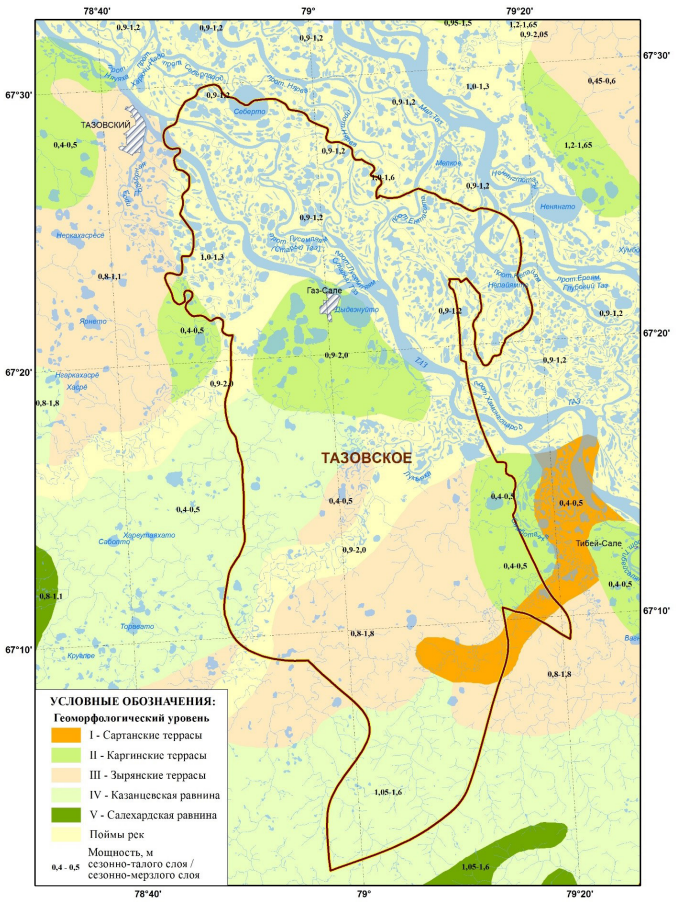


Рисунок 2 – Геоморфологические условия и величина сезонно-талого/сезонно-мерзлого слоев на территории Тазовского месторождения (М 1:200 000).

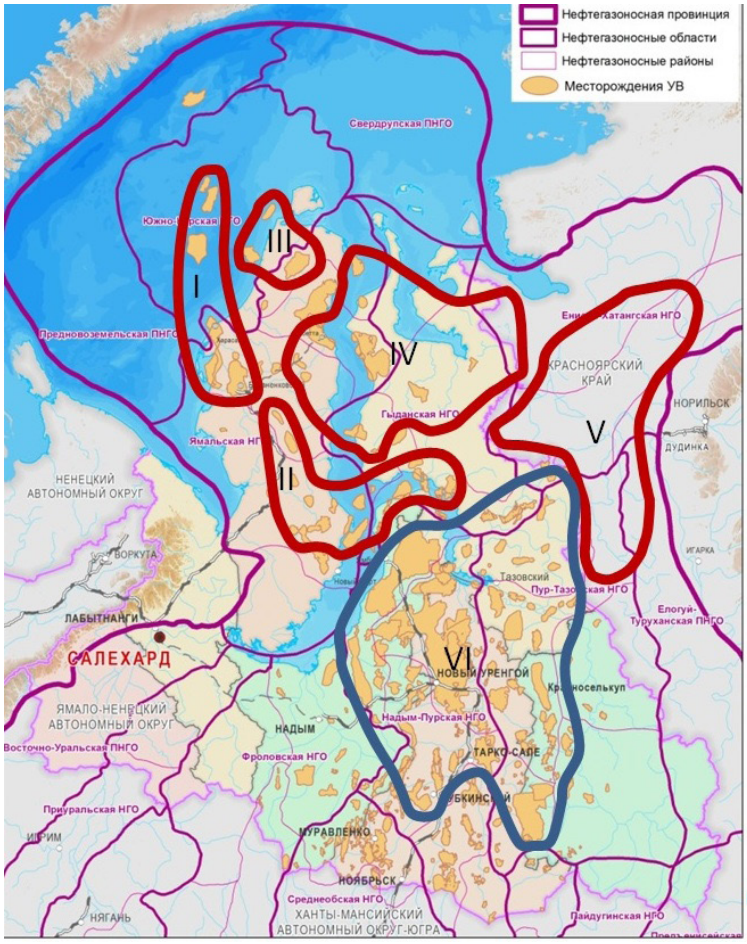
условия Тазовского месторождения. Выделены расположенные здесь террасы, а именно Сартанские, Каргинские, Зырянские. Так же выделены равнины – Казанцевская и Салехардская. По всей площади прописаны мощности сезонно-талого и сезонно-мерзлого слоев в метрах [32, 33].

Как говорилось ранее, в Арктической зоне присутствует высокая антропогенная нагрузка. При отсутствии единой опорной наблюдательной сети для мониторинга многолетнемерзлых пород возможно появление происшествий.

Также необходимо отметить, что в автономном округе сформировалась единая геоинформационная база данных[3], позволяющая на современной технологической основе представлять в цифровом формате текущее и прогнозируемое состояние территориальных общественных систем. С базой можно ознакомиться на официальном сайте Единой картографической системы[4] . Наличие на территории крупных транснациональных вертикально-интегрированных нефтяных компаний обусловили распространение цифровизации и интернетизации в автономном округе, включая участки промысла. Распределение основных блоков запасов и ресурсов природного газа имеет широкое распространение (Рис. 3) в границах региона, внутренних вод, внутреннего моря и прилегающего шельфа, поэтому и информационно-телекоммуникационное обеспечение ожидается на высоком уровне, с широким территориальным охватом. Для цифровизации мониторинга южных окраин автономного округа целесообразно подключить сформировавшийся пул узлов связи действующих недропользователей, лесопользователей, рыбопроизводителей. В результате, для организации мониторинга ландшафтов Ямало-Ненецкого автономного округа в среднесрочном планировании сформированы

3 Постановление администрации Ямало-Ненецкого автономного округа от 06.10.2006 №445-А «О Концепции создания и развития Единой комплексной информационной системы Ямало-Ненецкого автономного округа на 2006-2010 годы»

4 Единая картографическая система ЯНАО - https://karta.yanao.ru/eks.



Прогноз добычи газа

№	Наименование блока	млрд. м³
I	Бованенковско-Русановский	380
II	Обско-Тазовский	100
III	Малыгино-Скуратовский	100
IV	Гыдано-Ямальский	100
VI	Пур-Тазовский	300
ИТОГО		**980**

Прогноз добычи нефти

№	Наименование блока	млн. т
V	Енисей-Хатангский	100

Рисунок 3 –Прогноз добычи природного газа.

технологические предпосылки, существенно снижающие лимиты госфинансирования, а также поиск инвесторов.

Методы исследования: картографический (геоинформационный), статистический, моделирования. Методология ландшафтного исследования.

Материалами для создания картографических исследований послужили данные из запатентованной авторским правом базы данных, принадлежащей ООО «МНП «ГЕОДАТА», «Проект «Региональные данные».

1. систематизация сведений по параметрам геоинформационного мониторинга на объектах недропользования, на примере Ямало-Ненецкого автономного округа.

В границах Ямало-Ненецкого автономного округа сформированы современные разрозненные геоинформационные системы мониторинга за состоянием окружающей природной среды. Данные позиционируются в форматах производственного экологического мониторинга, корпоративных требований, а также в параметрах инфологических моделей[5] государственных информационных систем. С одной стороны, это позволяет владеть существенными объемами информации для принятия управленческого решения; с другой стороны, разрозненность и автономность генерации данных девальвирует накопленные геоинформационные базы данных. Необходима валидация получаемых значений, например, для выявления «аномалий концентрации метана для разнообразных геологических условий суши и акваторий Арктики» [22].

Рациональным решением геоинформационной систематизации данных [23,24,25] является создание соответствующей государственной информационной системы, которая позволяла бы в автоматическом режиме фиксировать параметры ММП и воздушных масс. Субъектами предоставления данных могут выступать недропользователи и надзорные, научно-исследовательские государственные организации в этой области. Также возможно подключение и иных природопользователей, обладающих соответствующей технической инфраструктурой. Объектом формирования данных недропользователя – автоматизированная мониторинговая станция, интегрированная с наблюдательной скважиной глубиной, например, до 400 м. Согласно схеме геокриологического районирования Надым-Тазовской зоны по всей территории, отмечается преобладающее распространение монолитных по разрезу толщ многолетнемерзлых пород.

В целом мощности мерзлых толщ различны и закономерно возрастают от поймы реки Пур к надпойменной террасе. Наибольшие мощности (300-400 м) ММП наблюдаются на Зырянской равнине, расположенной на западе участка. Несколько меньшие мощности (150-300 м) приурочены к площадям развития I и II надпойменных террас на левобережье

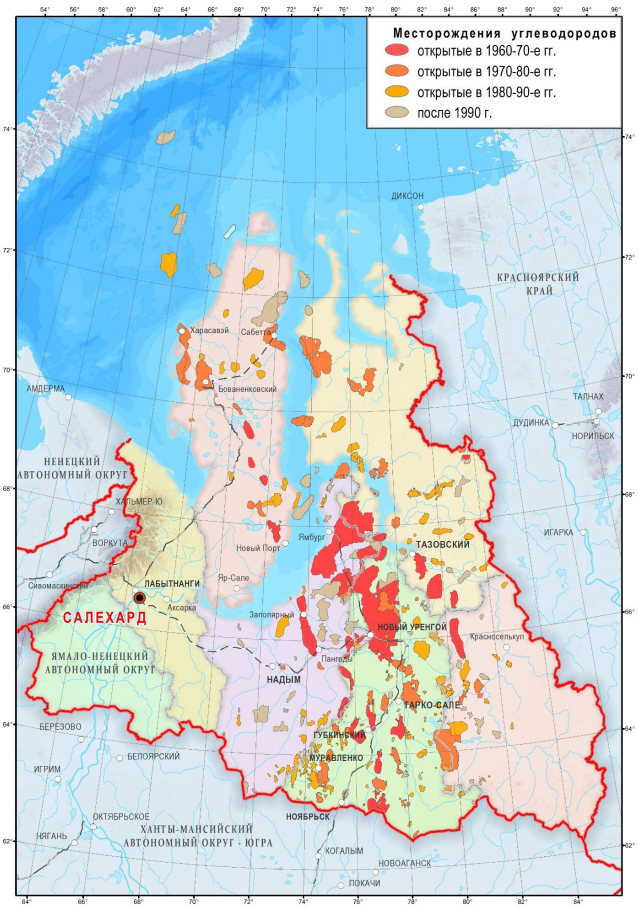


Рисунок 4 – Дифференциация углеводородных месторождений по годам открытия.

5 Инфологическая (концептуальная) модель - модель предметной области, основанная на совокупности локальных пользовательских предпочтений или системе запросов, абстрагирующих совокупность информационных потребностей пользователей. В инфологической модели специфицированы существующие в предметной области связи [21, 43].

р. Пур в пределах поймы рек Пур и Нагарка-Табъяха (левый приток реки Пур), мощность мерзлых грунтов достигает здесь 100-150 м.

Так как история активного недропользования в автономном округе имеет пространственную дифференциацию (Рис. 4), то и организация сети слежения должна быть также дифференцирована. При этом, при наличии истории наблюдений, в дальнейшем она всегда может соотноситься в исторической ретроспективе. С учетом истории освоения углеводородов, ранжирование предлагаем провести по следующим 4 градациям: месторождения, открытые в 1960-е гг., 1970-е гг., 1980-е гг., после 1990 г. Таким образом, более высокая плотность мерзлотных станций должна, на наш взгляд, соотноситься со сроками ввода месторождений в эксплуатацию, что логично соотносится с технологическими и экологическими рисками.

По расчётам средней стоимости для ЯНАО на возведение мониторинговой скважины требуется 0,1% от стоимости добывающей скважины. Данная точка зрения основывается на анализе сотни месторождений Западной Сибири. Фактически в технико-экономический расчет проекта разработки любого месторождения всегда заложены затраты на природоохранные мероприятия в размере 5 - 10 % от капитальных вложений.

Несомненно, мониторинговая система поведения ММП является важной частью данных мероприятий и затраты на неё могут и должны быть учтены в указанной статье расходов недропользователя.

Обслуживание станций также не предполагает существенных издержек, так как соотносится с задачами производственного экологического мониторинга и может быть спроектировано на максимальной автоматизации. С учетом активно выстраиваемого во внешнем мире концепта декарбонизации экономики[6] [26,27,28,29,30], данные бухгалтерские затраты в дальнейшем можно трансформировать в экономическую прибыль, инвестиционный доход. Предотвращенный потенциальный экологический и технологический ущерб, на примере норильской катастрофы, намного превысит предлагаемые капитальные и операционные затраты на функционирование сети наблюдения.

2. разработка технологии организации автоматизированного мониторинга за параметрами окружающей среды.

Схематичное представление предлагаемой технологии[7] по наблюдению за состоянием многолетнемерзлых пород представлено на рис. 5. В основе предлагаемого концептуального решения лежит ориентация на автоматизацию получения данных, комплексность использования

6 Global energy transformation: A roadmap to 2050 (2019 edition). URL https://www.irena.org/publications/2019/Apr/Global-energy-transformation-A-roadmap-to-2050-2019Edition

7 Технология была представлена в 2018 г. Брехунцовым А.М. на заседании Совета по Арктике и Антарктике при Совете Федерации Федерального Собрания Российской Федерации на тему «О законодательном обеспечении сохранности многолетнемерзлых грунтов при хозяйственном освоении Арктической зоны Российской Федерации» URL http://council.gov.ru/events/news/89390/

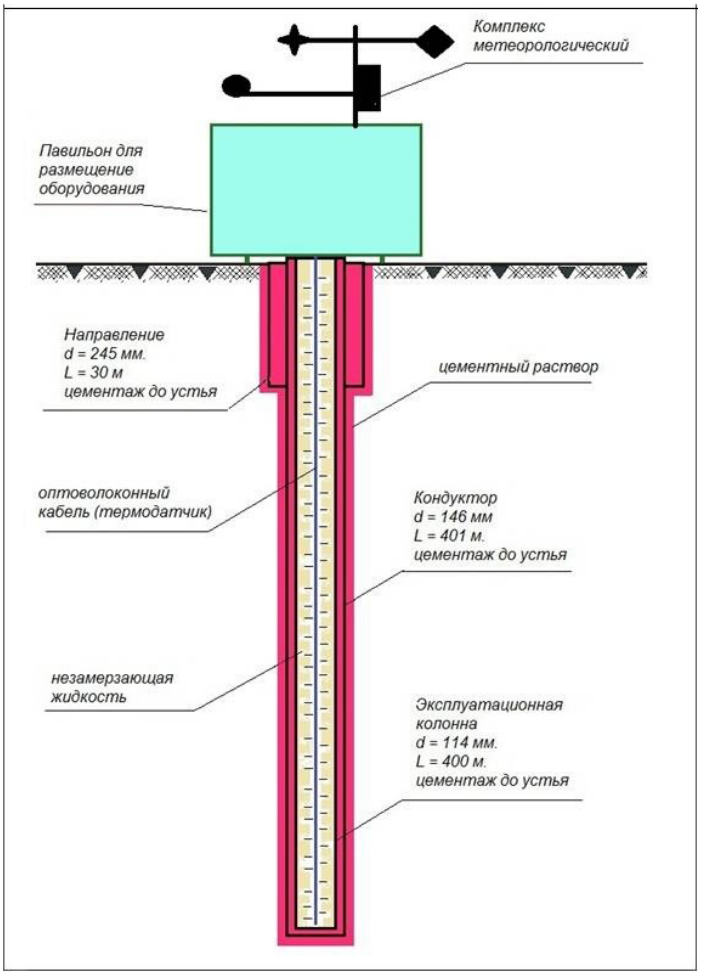


Рисунок 5 – Дифференциация углеводородных месторождений по годам открытия.

оборудования, функционирование в суровых природно-климатических условиях. Надземная часть представляет собой модуль замера метео параметров. Скважинная часть – характеристика состояния ММП.

Передача данных основана на автономной интернет-передаче. Снятие параметров с поверенных датчиков, что исключает влияние человеческого фактора на формирование объективной картины. Для технологического обслуживания станции метеорологический модуль имеет соответствующий микроклимат. Задача обеспечения интернетизации в условиях арктических широт в Ямало-Ненецком автономном округе решена недропользователями, активно внедрившими SCADA-системы [31] на производстве.

3. определение юридических механизмов реализации системы автоматизированного мониторинга за параметрами окружающей среды в Арктической зоне Российской Федерации.

Юридическая сторона организации процесса данного мониторинга вписывается в условия лицензирования недропользования. В нормативных правовых актах[8] за недропользователями уже закреплены соответствующие функции безопасного недропользования, которые возможно конкретизировать на уровне подзаконных документов. Значительного дополнительного организационного пресса на бизнес нами не прогнозируется. Прописанные рамочные нормы формализуются в единые правила игры, позволяющие менеджменту и инвесторам определять свое место в общей сети безопасности, в том числе, на уровне проведения сравнительных оценок.

Результаты

В рамках действующего нормативного правового поля рекомендуем Федеральному агентству по недропользованию[9] провести следующие мероприятия:

- включить в условия лицензионного соглашения недропользователя на разрабатываемом месторождении обязательства по созданию и ведению сети станций наблюдения за состоянием ММП, с включением в госреестр;
- организовать в границах нераспределенного фонда недр пилотной территории создать и обеспечить функционирование мерзлотных режимных станций;
- дифференцировать предлагаемые мониторинговые требования к недропользователям в зависимости от времени начала освоения месторождений;
- организовать проведение научно-исследовательской работы «Исследование внедрения мерзлотных станций в Арктической зоне РФ», по результатам которой для пилотной территории (ЯНАО) обосновать:
  - местоположение сети станций;
  - требования к оценочным передаваемым параметрам;
  - типовую конструкцию станции для недропользователя;
- выполнить сбор исторической литературной, геоинформационной и фактографической информации, позволяющей зафиксировать текущее состояние ММП.

Таким образом, на сегодняшний день в РФ созданы предпосылки для создания современной сети комплексного наблюдения за состоянием многолетнемерзлых пород. Концептуальные решения позволяют создать данную сеть оперативно, с минимальными нормотворческими трансформациями природопользования в суровых природно-климатических условиях.

8 Закон РФ от 03.03.1995 №27-ФЗ «О недрах»; Указ Президента РСФСР от 20.08.1991 №66 «Об обеспечении экономической основы суверенитета РСФСР»

9 Согласно Постановлению Правительства РФ от 17.06.2004 №293 «Об утверждении Положения о Федеральном агентстве по недропользованию (в ред. Постановления Правительства от 23.09.2020)

Список литературы:

1. Шарыгин М.Д. Общественная география в России: тернистый путь развития // Географический вестник. 2017. №2. С. 17-25. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-2-17-25
2. Субботина Т.В. Гносеологический и онтологический аспекты территориальных общественных систем // Географический вестник. 2017. №2. С. 31-42. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-2-31-42
3. Грищенко М.А. Территориальная структура хозяйства и территориальная организация общества: соотношение понятий // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2012. №2. С. 136-143.
4. Алексеев Г.В., Радионов В.Ф., Александров Е.И., Иванов Н.Е., Харланенкова Н.Е. Изменения климата Арктики при глобальном потеплении // Проблемы Арктики и Антарктики. 2015. №1. С. 32-41.
5. Алексеев Г.В. Проявление и усиление глобального потепления в Арктике // Фундаментальная и прикладная климатология. 2015. Т. 1. С. 11-26.
6. Тишков А.А., Кренкемл Н. «Позеленение» Арктики в XXI в. как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // Арктика: экология и экономика. 2015. №4. С. 28-37.
7. Shakirov R., Mau S., Mishukova G., Obzhirov A., Shakirova M., Mishukova O. The features of methane fluxes in the western and eastern Arctic: A rewiew. Part I // Geosystems of Transition Zones. 2020. T. 4. P. 4-25. DOI: 10.30730/2541-8912.2020.4.1.004-025
8. Воронина С.А., Порфирьев Б.Н., Семикашев В.В., Терентьев Н.Е., Елисеев Д.О., Наумова Ю.В. Последствия изменений климата для экономического роста и развития отдельных секторов экономики Российской Арктики // Арктика: экология и экономика. 2017. №4. С. 4-17. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-4-17
9. Callaghan T.V., Jonasson S. Arctic ecosystems and environmental change. Phil Trans Roy Soc Lond A. 1995. P. 259-276.
10. Jones P.D., Moberg A. Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update // Journal of Climate. Vol. 16. №2. P. 206-223.
11. Кирпотин С.Н., Полищук Ю.М., Брыксина Н.А. Динамика площадей термокарстовых озер в сплошной и прерывистой криолитозонах Западной Сибири в условиях глобального потепления // Вестник Томского государственного университета. 2008. №311. С. 185-190.
12. Абрамов А.А., Крюков О.В., Иванов А.Ю., Линге И.И. Ликвидация ядерного наследия в континентальной части России как условие радиационного благополучия Арктики // Арктика: экология и экономика. 2017. №4. С. 49-58. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-49-58
13. Акимов Т.А. Соколов Ю.И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне России // Проблемы анализа риска. 2010. Т. 7. №4. С. 26-49.
14. Саркисов А.А. К вопросу о ликвидации радиоактивных загрязнений в Арктическом регионе // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. №2. С. 107-124. DOI: 10.31857/S0869-5873892107-124
15. Манжуров И.Л., Астафьева О.В., Дерягина С.Е., Антонов К.Л. Проблема накопленного экологического ущерба на территории Ямало-Ненецкого автономного округа: современное состояние // Проблемы региональной экологии. 2014. №2. С, 52-57.
16. Кочемасова Е.Ю. Актуальные проблемы устойчивого развития и их решение в России // Мир новой экономики. 2020. Т. 14. №3. С. 75-82. DOI: 10.26794/2220-6469-2020-14-3-75-82
17. Озарян Ю.А., Усиков В.И. Эколого-ландшафтный подход в оценке качества окружающей среды природно-технических систем // Экологические системы и приборы. 2019. №11. С. 48-55. DOI: 10.25791/esip.11.2019.986
18. Старожилов В.Т. Практическая реализация метода ландшафтных узловых структур освоения регионов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5. №2. С. 108-117.
19. Прокофьева Е.Ю., Васильев Н.В. Современные тенденции реабилитации антропогенных территорий // Academia. Архитектура и строительство. 2019. №4. С. 87-93.
20. Брехунцов А.М., Петров Ю.В., Прыкова О.А. Экологические аспекты освоения природно-ресурсного потенциала Российской Арктики // Арктика: экология и экономика. 2020. №3. С. 34-47. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-34-47
21. Тараканов О.В. Принцип семантического связывания сущностей в инфологической модели базы данных // Информационные системы и технологии. 2012. №5 (73). С. 43-49.
22. Богоявленский В.И., Сизов О.С., Никонов Р.А., Дегазация Земли в Арктике: генезис природной и антропогенной эмиссии метана // Арктика: экология и экономика. 2020. №3 (39). С. 6-22. DOI 10.25283/2223-4594-2020-3-6-22
23. Красильников П.А. Использование геоинформационных систем для решения прогнозных инженерно-геологических задач при разработке месторождений полезных ископаемых // Вестник Пермского университета. Геология. 2020. Т. 19. №1. С. 65-72. DOI: 10.17072/psu.geol.19.1.65
24. Ковалева Т.Ю. Информационно-аналитические системы управления кластерным пространственным развитием регионов: анализ и приоритеты совершенствования // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2020. Т. 15. №1. С. 84-109. DOI: 10.17072/1994-9960-2020-1-84-109
25. Дубровская Ю.В., Козоногова Е.В., Молодчик А.В. К вопросу алгоритмизации и автоматизации процесса регионального стратегирования // Управленец. 2019. Т. 10. №4. С. 65-74. DOI:

10.29141/2218-5003-2019-10-4-6
26. Кондратьева Н.Б. «Зелёный курс» региональной политики // Европейский союз: факты и комментарии. 2020. №98. С. 37-40. DOI: 10.15211/eufacts420193740
27. Попадько Н.В., Панков С.В., Попадько А.М. Водородная энергетика: этапы развития, проблемы и перспективы // Инновации и инвестиции. 2020. №1. С. 293-296.
28. Белов В.Б. Европейская зелёная сделка // Европейский союз: факты и комментарии. 2020. №99. С. 33-39. DOI: 10.15211/eufacts120203339
29. Бобылев С.Н., Барабошкина А.В., Джу С. Приоритеты низкоуглеродного развития для Китая // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. №82. С. 114-139. DOI: 10.24411/2070-1381-2020-10095
30. Белов В.Б. Европейский альянс чистого водорода // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. 2020 №5. С. 52-59. DOI: 10.15211/vestnikieran520205259
31. Морозова И.М. Особенности программного обеспечения SCADA-систем в электроэнергетике // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2017. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2017. С, 395-399.
32. Дубровин А.В., Брушков А.В, Дроздов Д.С., Железняк М.Н. Изученность, современное состояние, перспективы и проблемы освоения криолитозоны Арктики // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. Издательство: ООО «РГ-Информ» (Москва). - №3. – 2019. – с. 55-63
33. Павлов А.В. Мониторинг криолитозоны – Новосибирск: академическое изд-во «Гео», 2008. - 229 с.

References:

1. Sharygin M. D. Public geography in Russia: a thorny path of development // Geographical Bulletin. 2017. no. 2. Pp. 17-25. DOI: 10.17072 / 2079-7877-2017-2-17-25
2. Subbotina T. V. Epistemological and ontological aspects of territorial social systems // Geographical Bulletin. 2017. no. 2. Pp. 31-42. DOI: 10.17072 / 2079-7877-2017-2-31-42
3. Grishchenko M. A. Territorial structure of economy and territorial organization of society: correlation of concepts / / Bulletin of the Saint Petersburg University. Series 7. Geology. Geography. 2012. No. 2. S. 136-143.
4. Alekseev G. V., Radionov V. F., Aleksandrov E. I., Ivanov N.E., Harlanenkova N.E. Changes in the Arctic climate under global warming / / Problems of the Arctic and Antarctic. 2015. no. 1. Pp. 32-41.
5. Alekseev G. V. Manifestation and strengthening of global warming in the Arctic / / Fundamental and applied climatology. 2015. Vol. 1. Pp. 11-26.
6. Tishkov A. A., Krenkeml N. "Greening" of the Arctic in the XXI century. as a synergistic effect of global warming and economic development / / Arctic: ecology and Economics. 2015. no. 4. Pp. 28-37.
7. Shakirov R., Mau S., Mishukova G., Obzhirov A., Shakirova M., Mishukova O. The features of methane fluxes in the western and eastern Arctic: A rewiew. Part I // Geosystems of Transition Zones. 2020. T. 4. P. 4-25. DOI: 10.30730/2541-8912.2020.4.1.004-025
8. Voronina S. A., porfiryev B. N., Semikashev V. V., Terentyev N. E., Eliseev D. O., Naumova Yu. V. Consequences of climate change for economic growth and development of certain sectors of the Russian Arctic economy. 2017. no. 4. Pp. 4-17. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-4-17
9. Callaghan T.V., Jonasson S. Arctic ecosystems and environmental change. Phil Trans Roy Soc Lond A. 1995. P. 259-276.
10. Jones P.D., Moberg A. Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and an Update // Journal of Climate. Vol. 16. No. 2. P. 206-223.
11. Kirpotin S. N., Polishchuk Yu. M., bryksina N. A. Dynamics of areas of thermokarst lakes in continuous and intermittent cryolithozones of Western Siberia under global warming conditions // Bulletin of Tomsk state University. 2008. No. 311. Pp. 185-190.
12. Abramov A. A., Kryukov O. V., Ivanov A. Yu., Linge I. I. Elimination of nuclear heritage in the continental part of Russia as a condition for radiation well-being of the Arctic. 2017. no. 4. Pp. 49-58. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-4-49-58
13. Akimov T. A. Sokolov Yu. I. Risks of emergency situations in the Arctic zone of Russia / / Problems of risk analysis. 2010. Vol. 7. No. 4. Pp. 26-49.
14. Sarkisov A. A. On the issue of elimination of radioactive contamination in the Arctic region / / Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2019. Vol. 89. No. 2. Pp. 107-124. DOI: 10.31857/S0869-5873892107-124
15. Manzhurov I. L., Astafieva O. V., Deryagina S. E., Antonov K. L. The problem of accumulated environmental damage on the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous district: current state / / Problems of regional ecology. 2014. No. 2. S, 52-57.
16. Kochemasova E. Yu. Actual problems of sustainable development and their solution in Russia // The world of the new economy. 2020. Vol. 14. No. 3. Pp. 75-82. DOI: 10.26794 / 2220-6469-2020-14-3-75-82

17. Ozeran J. A., Usikov, V. I., Ecological-landscape approach in assessing the environmental quality of natural-technical systems // Environmental systems and devices. 2019. no. 11. Pp. 48-55. DOI: 10.25791/esip. 11. 2019. 986
18. Starozhilov V. T. Practical implementation of the method of landscape nodal structures of development of regions // Scientific notes of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology. 2019. Vol. 5. No. 2. Pp. 108-117.
19. Prokofieva E. Yu., Vasiliev N. V. Modern trends in rehabilitation of anthropogenic territories / / Academia. Architecture and construction. 2019. No. 4. Pp. 87-93.
20. Brekhuntsov a.m., Petrov Yu. V., Prykova O. A. Ecological aspects of the development of the natural resource potential of the Russian Arctic. 2020. No. 3. Pp. 34-47. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-34-47
21. Tarakanov O. V. the Principle of semantic linking of entities in the infological database model / / Information systems and technologies. 2012. no. 5 (73). Pp. 43-49.
22. Bogoyavlensky V. I., Sizov O. S., Nikonov R. A., Degassing of the Earth in the Arctic: the Genesis of natural and anthropogenic methane emissions. 2020. No. 3 (39). Pp. 6-22. DOI 10.25283/2223-4594-2020-3-6-22
23. Krasilnikov P. A. Use of geoinformation systems for solving predictive engineering and geological problems in the development of mineral deposits. Vestnik PERMSKOGO universiteta. Geology. 2020. Vol. 19. No. 1. Pp. 65-72. DOI: 10.17072/psu.geol.19.1.65
24. Kovaleva T. Yu. Information and analytical systems for managing cluster spatial development of regions: analysis and priorities for improvement // Bulletin of Perm University. Series: Economics. 2020. Vol. 15. No. 1. Pp. 84-109. DOI: 10.17072/1994-9960-2020-1-84-109
25. Dubrovskaya Yu. V., Kozonogova E. V., Molodchik A.V. on the issue of algorithmization and automation of the regional strategizing process. 2019. Vol. 10. No. 4. Pp. 65-74. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-4-6
26. Kondratieva N. B. "Green course" of regional policy / / European Union: facts and comments. 2020. No. 98. Pp. 37-40. DOI: 10.15211/eufacts420193740
27. Popadko N. V., Pankov S. V., Popadko a.m. Hydrogen energy: stages of development, problems and prospects / / Innovations and investments. 2020. No. 1. Pp. 293-296.
28. Belov V. B. European green deal / / European Union: facts and comments. 2020. No. 99. Pp. 33-39. DOI: 10.15211/eufacts120203339
29. Bobylev S. N., Baraboshkina A.V., Ju S. Priorities of low-carbon development for China // Public administration. Electronic Bulletin. 2020. No. 82. Pp. 114-139. DOI: 10.24411 / 2070-1381-2020-10095
30. Belov V. B. European Alliance of pure hydrogen / / Scientific and analytical Bulletin of The Institute of Europe RAS. 2020 No. 5. Pp. 52-59. DOI: 10.15211/vestnikieran520205259
31. Morozova I. M. Features of software for SCADA systems in the electric power industry / / New information technologies in education and science. 2017. Yekaterinburg: Russian state vocational pedagogical University, 2017, 395-399.
32. Dubrovin A.V., Brushkov A.V., Drozdov D.S., Zheleznyak M.N. Knowledge, current state, prospects and problems of the Arctic permafrost development // Mineral resources of Russia. Economics and Management. Publisher: LLC RG-Inform (Moscow). - Number 3. - 2019. - p. 55-63
33. Pavlov A.V. Permafrost monitoring - Novosibirsk: academic publishing house "Geo", 2008. - 229 p.