

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на работу Кошурникова А.В. «Многолетнемерзлые толщи шельфа морей Российской Арктики (по данным геофизических исследований)», представленную на соискание ученой степени доктора геол.-мин. наук по специальностям 1.6.7 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение и 1.6.9 – геофизика

Диссертация посвящена изучению криолитозоны Арктического сектора России, включая шельфовые акватории Баренцева, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского морей, а также их ближайших оншорных зон. Целью исследования являлось определение границ распространения и строения криолитозоны, а также температурного режима, свойств, условий формирования и динамики многолетнемерзлых пород на шельфе морей Российской Арктики.

Актуальность данной работы не вызывает сомнения, т.к. шельф Российской Арктики – это район ближайшего расширения отечественной базы добычи углеводородов и связанных с этим задач: строительством береговых терминалов, обеспечением безопасности мореплавания и установки буровых платформ. Не менее важной задачей является функционирование транспортного коридора – Северного морского пути, которое требует строительства и материально-технического обеспечения портовых сооружений и перевалочных баз. Газовые выбросы, происходящие в районах шельфа и на смежной суше, причиной которых является деграция многолетнемерзлой толщи и разрушение слоя газогидратов, также рассматриваются как негативный фактор при освоении месторождений и при эксплуатации скважин.

А.В. Кошурников в течение 15 лет регулярно лично проводил экспедиционные исследования в различных районах акваторий арктической зоны. Он использовал широкий комплекс геоэлектрических, сейсмоакустических и термометрических методов изучения криолитозоны шельфа. В приложении (второй том) представлены термические модели различных участков работ и акты, подтверждающие важность проведенных исследований для их внедрения в геологоразведочную практику.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы – 180 наименований, из которых 115 ссылок на русскоязычные публикации (в том числе, 14 – на собственные работы автора), 25 – на англоязычные работы и 40 – на фондовые материалы. Объем первого тома - 294 страницы) и второго тома - 100 страниц. Она содержит 162 рисунка, качество которых оставляет желать лучшего, и 10 таблиц.

Первая глава посвящена описанию современного состояния исследований криолитозоны арктического шельфа. Здесь подробно рассмотрены результаты и успехи геологического и геофизического изучения субмаринной и субаэральной криолитозоны. Отмечаю корректность изложения материалов, т.к. автор учел даже очень незначительный

вклад некоторых исследователей в решение данной проблемы. Современные представления о распространении и строении криолитозоны шельфа Западно-Арктических морей, а также Моря Бофорта основываются на данных бурения и геофизических работах, показавших различную мощность криолитозоны и широкий спектр нахождения верхней и нижней кромок мерзлой толщи. Автор, ссылаясь на работы В.Т. Балобаева, допускает проникновение годовых колебаний температур в интервале от 6–10 м до 15–20 м. Однако, наши геотермические исследования, проведенные в Баренцевом, Карском морях и на Новой Земле, показали, что сезонные температурные колебания с погрешностью  $\pm 0,02^\circ\text{C}$  ощущаются до глубины 35–40 м (Хуторской и др., 2013; Ахмедзянов, Хуторской, 2014; Никитин, Хуторской, 2018; Никитин и др., 2019).

Обсуждая результаты одно- и двухмерного геотемпературного моделирования в Восточно-Сибирском море автор отмечает (стр.29), что получены результаты «...при изучении закономерностей динамики температуры ММП и зоны стабильности газогидратов (ЗСГГ) в пределах рифта и его ограничений — «плеч» рифта». Здесь непонятно, о каком рифте в этом море идет речь? Рифт хребта Гаккеля никак не проявляется на шельфе Восточно-Сибирского моря, а Момский рифт (по А.Ф. Грачеву) не затрагивает шельф.

Ссылаясь на работу Н.А. Богданова (2004), который в своей статье по тектонике Арктического бассейна писал, что «...под Восточно-Баренцевским прогибом мощность земной коры в фундаменте под подошвой осадочного слоя сокращается до 10–14 км. В южной его части кора континентального типа отсутствует» автор повторяет устаревшее мнение, что «...В Южно-Баренцевской впадине отсутствует континентальная кора» (стр.50, сохранена орфография текста диссертации). Более новые данные (см. Верба, 2008; Шкарубо, Шипилов, 2007 и др.) показывают, что под южной частью В.-Баренцевского прогиба кора все же континентальная.

Раздел, посвященный описанию субмаринной криолитозоны в арктических морях, по мнению оппонента, является большим достижением диссертанта. В этом разделе дается подробное описание распространения многолетнемерзлых пород в ближайшем оффшоре и в прибрежной зоне. Автор проанализировал и ссылается, практически, на все известные работы исследователей этого вопроса, в том числе, на модельные построения, выполненные на основе палеотермических реконструкций (Portnov et al.). Он повторил анализ распространения ММП по профилю мыс Муостах-о.Муостах вслед за другими исследованиями, проводимыми с 1969 года, и тем самым получил яркое доказательство нестационарности криолитозоны.



Во второй главе описана методика геолого-геофизических полевых и лабораторных исследований криолитозоны шельфа. Здесь рассмотрена аппаратура для определения резистеметрии, акустических свойств грунтов и их теплофизических свойств. Замечание касается представленных в работе графиков зависимости температуры от времени и влажности от температуры (стр.90) – не оцифрованы оси ординат, поэтому невозможно определить абсолютные величины экспериментов. Текст со стр.107 по стр.120 является текстом лекционного курса по предмету «Теория поля», который читается на 3-м курсе специальности «Геофизика». Автор проявил эрудицию в этих вопросах, но можно было бы обойтись простой ссылкой на сведения из учебника Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица или методического руководства, разработанного по этой дисциплине А.А. Булычевым и П.Ю. Пушкаревым на кафедре геофизики МГУ.

Проведенные автором эксперименты и модельные расчеты доказали, что метод зондирования становления поля в ближней зоне (ЗСБ) с использованием электрического диполя является оптимальным для решения геокриологических задач. По техзаданию автора была разработана аппаратура для выполнения данного вида зондирований.

В разделе 2.6 подробно описана методика работ по НСП с применением спаркера или пневмоисточника в качестве возбудителя акустического сигнала. Такая детальность описания методики работ убеждает в достоверности полученных результатов. Однако, стоило бы проинформировать, чем применяемая методика буксировки, возбуждения сигнала и обработки данных, примененная в работах автора, отличается от стандартной методики сейсморазведки, которая регулярно применяется на экспедиционных судах?

Термометрические работы проводились с помощью заглубления термокосы в предварительно пробуренную скважину. Термокоса через логгер передает информацию о температурах на глубине расположения датчиков. Важным этапом работ является определение времени выстойки скважины до достижения равновесной температуры в стволе скважины. Автор приводит пример определения времени выстойки. Но какой критерий и с какой погрешностью определяется факт наступления равновесной температуры – это не понятно. Существует несколько алгоритмов для определения действительного времени выстойки (см., например, работы И.М. Кутасова, Е.А. Любимовой, В.Е. Сальникова) при заданной погрешности, времени бурения и температуропроводности разреза, но автор пользуется экспериментальным методом.

Обсуждая в третьей главе методику геотермического моделирования, автор ссылается на каталог теплового потока Г.Поллака 1991 года, в котором приведена устаревшая на сегодняшний день информация о тепловом потоке в Арктических морях и, кроме того, подчеркивается роль рифта Гаккеля и его продолжения в Море Лаптевых. Оппонент в

течение нескольких десятилетий детально анализировал глобальный тепловой поток, в том числе, арктический сегмент, обсуждал эти проблемы с Генри Поллаком, Кристофом Джессопом, Жаном-Полем Моришале и другими коллегами, причастными к составлению глобального банка данных о тепловом потоке. В результате этих дискуссий были отфильтрованы ошибочные представления о тепловом потоке в Арктике. Наиболее достоверная информация о распределении этого параметра представлена на карте «Планетарный тепловой поток» (авт. Л.В. Подгорных и М.Д. Хуторской, 1997), в монографии Хуторской М.Д. и др. Геотермия арктических морей. М.: ГЕОС. 2013. /Тр. ГИН РАН, вып.605/. 230 с. и в банке данных D.Hasterock, J.Jennings, 2016 (<http://heatflow.org/data>). Мы пока не имеем реальных измерений теплового потока в Море Лаптевых. Имеющиеся измерения в котловинах Подводников, Макарова и на Хребте Ломоносова и Поднятии Менделеева нельзя распространить на Лаптевский шельф, поэтому заявление о влиянии «рифтовой системы Моря Лаптевых» на особенности теплового поля Арктики и «... истолкование результатов геофизических исследований на шельфе морей Российской Арктики» (стр.181) является чересчур смелым и преждевременным.

Следует отметить очень важный и уникальный материал по палеотермическим расчетам, который автор привел по семи опорным участкам для временного интервала 190 тыс. лет – современный момент. Таким способом определено положение подошвы ММП на шельфе Печорского, Карского и Лаптевых морей.

В 4-й главе приведены конкретные результаты инверсии кривых ЗСБ для различных акваторий и их классификация по типам перехода от низких к высоким УЭС. Материал очень представительный, уникальный по содержанию и убедительно представлен в данной главе. Техническое замечание. Если оппонент не ошибается, рис.4.26 и 4.27 уже приводился в первой главе под номерами, соответственно, 1.28 и 1.27. То же можно сказать о фрагментах текста, дословно повторяющихся в первой и 4-й главах. Повторю, что это стилистическая недоработка, которая никак не отражается на качестве исследования. Автор вправе подчеркнуть важность своих выводов, повторив формулировки в разных главах.

Важным выводом является то, что выполненные исследования открывают перспективу для картирования криогенногидратных толщ, многолетнемерзлых толщ и составления карты гидратных толщ на шельфе морей Российской Арктики.

Анализируя представленную диссертацию в целом, надо отметить ее фундаментальность. Это крупное научное обобщение, полностью соответствующее уровню докторских работ.



Отдельные немногочисленные замечания включены в текст отзыва. А среди мелких погрешностей стоит упомянуть стилистические и грамматические «промахи».

Полагаю, что диссертационная работа «Многолетнемерзлые толщи шельфа морей Российской Арктики (по данным геофизических исследований)», представленную на соискание ученой степени доктора геол.-мин. наук по специальностям 1.6.7 – инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение и 1.6.9 – геофизика полностью соответствует паспортам этих специальностей и критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Кошурников Андрей Викторович заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по указанным специальностям.

Официальный оппонент:

Главный научный сотрудник,  
Зав. лабораторией тепломассопереноса  
ФГБУН Геологический институт РАН,  
доктор геол.-мин. наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ

М.Д. Хуторской



Контактные данные:

тел.: +7(\_\_\_\_\_)\_\_\_\_\_  
Специальность, по которой официальным оппонентом  
защищена диссертация: 25.00.10 – Геофизика

Адрес места работы:

119017, г. Москва, Пыжевский пер.,7, стр.1  
Геологический институт РАН, Лаборатория тепломассопереноса  
Тел.: +7-495-9592756; e-mail: gin@ginras.ru

Подпись М.Д. Хуторского удостоверяю:

  
 М.Д.



15.05.2023