Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»



Национальный исследовательский Томский государственный университет



Геологогеографический факультет

Томского государственного университета

ДИНАМИКА И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕОСФЕР ЗЕМЛИ

Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле

8-12 ноября 2021 года

TOM I

Томск 2021

Литература

- 1. Запивалов Н.П., Исаев Г.Д. Современная геофлюидодинамика и нефтегазоносность фанерозоя Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. 2011, № 2. С.38–42.
- 2. Исаев Г.Д. Влияние зон флюидомиграции в стратиграфических разрезах на перераспределение углеводородов // Нефтяное хозяйство. 2010, № 1. С.30–33.
- Исаев Г.Д., Бородкин В.Н., Невоструев Э.Г., Волостнов В.Д. Роль флюидотектоники в образовании коллекторов и местоскоплений углеводородов (на примере юга ЯНАО) // Вестник ТГУ. 2006, № 89. С. 30–38.
- Исаев Г.Д., Ван А.В., Предтеченская Е.А., Кроха В.А. Фациальный и тектонический контроль эффективных коллекторов в юрском комплексе отложений // Вестник ТГУ. 2006, № 89. С. 7–12.
- 5. Исаев Г.Д., Дорогиницкая Л.М., Смакограй А.В. К методике изучения трещинных резервуаров нефти по керну скважин // Нефть, газ, новации. 2013, № 2. С. 32.
- Исаев Г.Д., Канарейкин Б.А. Палеотектонический анализ и прогноз зон флюидомиграции из палеозоя в мезозой в пределах центральной части Сильгинской структурно-фациальной зоны // Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Томск: ТПУ, 2000. С. 57–60.

- Исаев Г.Д., Канарейкин Б.А., Конаныхин Г.А. Сейсмогеологическая модель пласта Ач3-4 на юге Уренгойского мегавала // Вестник ТГУ. 2006, № 89. С. 23–29.
- Исаев Г.Д., Канарейкин Б.А., Урасинов Б.Л., Кроха В.А., Крекнин С.Г. Перспективы нефтегазоносности добаженовского комплекса отложений Пур-Тазовского междуречья // Вестник ТГУ. 2006, № 89. С. 45–56.
- Исаев Г.Д., Краснощекова Л.А., Меркулов В.П., Волостнов В.Д., Романов Ю.К. Методика исследования анизотропии юрских пластов на примере Ватьеганского месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2010, № 10. С. 37–43.
- 10. Исаев Г.Д., Невоструев Э.Г., Аухатов Я.Г., Микуленко И.К. Сейсмофациальная модель Ачимовского клиноформного комплекса Олимпийского участка (ЯНАО) // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Симферополь: «ЧерноморПРЕСС», 2016. С. 137–139.
- Исаев Г.Д. Глубинная дегазация первопричина всех флюидотектонических и УВ-миграционных процессов в земной коре // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы. М.: ГЕОС, 2008. С. 188–190.

УДК 551.89

ЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОБСТАНОВКИ ЗАПАДНОГО СЕКТОРА АРКТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ И ПРОВЕДЕННОГО ПАЛЕОГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.И. Кашдан¹, В.С. Шейнкман², В.П. Парначев³

1Группа палеогляциологических исследований, Монреаль, Канада

²Институт криосферы Земли ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия ³Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, research@circucity.com

Работа выполнена при поддержке ресурсов по госзаданию 0296-2021-0012.

Проведено палеогляциологическое моделирование в западном секторе Арктики и выявлено, что по сравнению с прежними моделями в районе Скандинавии древний ледник был вдвое меньших размеров, и его толщина составляла около 1 км. Его воздействие на Баренцево море было очень ограниченным, а в Карском море могли только локально существовать отдельные ледники на его островах. Соответственно ограниченным было и влияние ледниковой нагрузки на земную кору и в сибирском секторе Арктики оно не было существенным фактором неотектоники.

Ключевые слова: поздний плейстоцен, Арктика, палеогляициологическое моделирование, неотектоника

Paleoglaciological simulations was carried out for the western sector of the Arctic. It was revealed that, compared to previous models in the Spitsbergen-Scandinavian region, the paleo ice sheet was half the size, and its thickness was about 1 km. The impact of the ice sheets on the Barents Sea was minimal, and in the Kara Sea, individual glaciers on its islands could only locally exist. Accordingly, the influence of the glacial load on the earth's crust was also limited, and in the Siberian sector of the Arctic, it was not a significant factor of neotectonics.

Keywords: Late Pleistocene, Arctic, paleoglaciological modeling, neotectonics

Использование в геологических исследованиях устаревающих концепций развития четвертичных процессов в районе Баренцева и Карского морей ведет к ошибочной оценке обстановок в этом регионе. С другой стороны, создание новых концепций вызывает острые дискуссии. Тем не менее, возвращаться к данной проблеме на новом уровне знаний, по мере их появления, это насущная для данного региона научно-практическая задача. К ее решению подключились и авторы, фокусируя внимание, прежде всего, на формировании воздействия на регион текущего из Скандинавии ледника и его роли в возможной активизации тектонических процессов в данном регионе.

Поверхность дна Баренцева моря представляют собой сложно построенный ансамбль положительных и отрицательных макроформ рельефа с незавершенными тектоническими комплексами (Мусатов, 1996). Предыдущие реконструкции обстановок (Denton, Hughes, 1981; Grosswald, 1988; Patton et. al., 2015) в районе Шпицберген – Баренцево море показывали полное покрытие ледниковым льдом толщиной 2,5 км Баренцевоморского шельфа и соответствующее его влияние на тектонические процессы вследствие меняющейся нагрузки на земную кору.

Теоретическое обоснование этого ледникового щита основано на двух предположениях о ледниковой среде. Во-первых, Баренцево море должно быть покрыто постоянным морским льдом, который утолщался бы из-за относительно низкой скорости таяния, и захватывал бы прибрежную зону и формировал, в итоге, шельфовый ледник (Hughes et. al., 2016). По мере утолщения плавучего льда он должен был опускаться на дно Баренцева моря. Второе предположение – ранее 20 тыс. л. н. было достаточное количество твердых осадков для запуска ледникового цикла в ранге геологического времени и образования в конечном итоге мощного покровного оледенения наподобие Гренландского ледникового щита (Denton, Hughes, 1981).

Однако эти предположения противоречат закон палеогляциологического развития региона. По данным (Шейнкман и др., 2017; 2020) восточная часть западного сектора Арктического бассейна не могла полностью промерзнуть на большую глубину, а в работе (Siegert, Dowdeswell, 1995) на основе палеогляциологического моделирования показано, что в северо-западной части Баренцева моря ранее 20-18 тыс. л. н. ледниковый щит имел значительно меньшие размеры.

Так или иначе, сегодня не имеется репрезентативных данных для оценки обоснованности отмеченных предположений для ситуации в позднем квартере. Соответственно – и для обоснования связи тектоники с предполагаемыми ледниковыми покровами. Следовательно, чтобы определить возможные параметры ледникового покрова, включая шельфовые ледники и прилегающие массивы морского льда, необходимы новые подходы, в том числе – повторное моделирование ситуации на основе новых баз данных, таких, например, как DATED-1 (Hughes et. al., 2016), или "Согласованное аналитическое решение Meltwater Pulse 1A" (Lin et. al., 2021).

Авторы использовали решения задач представляемой работы продольно-связанную одномерную модель ледяного потока (интегрированную по глубине), и на данном этапе ими проведено моделирование по профилям в Баренцевом море и на юге архипелага Новая Земля в Печорском море. Такой подход позволяет вычислить скорость изменения толщины льда в соответствии с законом сохранения массы (Кашдан, Шейнкман, 2021). Для создания динамической равновесной геометрии льда и полей скорости льда модель ледяного потока была запущена по режиму с шагом 1000-летней ритмики, которая была инициализирована с использованием современных данных о геометрии льда в условиях климата со среднегодовой температурой -15°С в районе шельфа ледника, а также -17°С в районе ледниковых куполов со среднегодовыми осадками 300 мм на ледниковых шельфах и 200 мм в зоне питания ледникового щита (Pelto et. al., 1990).

Наша модель является пока предварительной и построена с постоянными входными данными, представляющими ситуацию с условным максимумом толщины ледникового щита, характеризующую климатическую обстановку на поверхности ледника и геологическую ситуацию на ложе ледника. Прогон модели заканчивается, когда достигается равновесие в отношении баланса массы ледникового шита и квазистабильное состояния ледникового шельфа (Sergienko, Wingham, 2019).

Предыдущие реконструкции, предсказывающие полное оледенение Баренцевомрского шельфа, показывают (Denton, Hughes, 1981; Grosswald, 1988), что центр оледенения находился над центральной частью Баренцева моря (Schytt et. al., 1968). В нашей реконструкции, центр определялся с учётом изостатического поднятия и направлений движений ледниковых потоков, полученных на основе петрографического и морфологического анализа псефитового материала, геофизических и гидроакустических данных (Lubinski et. al., 1996; Крылов и др., 2020; Чикирёв и др., 2021). Высота прошлых береговых линий над нынешним уровнем моря является важным ограничением для объемов прошлых ледниковых щитов, и имеет решающие значение для ограничения местоположения максимальной изостатической нагрузки, а также относительного времени дегляциации. На сегодня имеется достаточное количество данных абсолютного возраста и высоты береговой линии на Шпицбергене, Земле Конга Карла, Земле Франца-Иосифа и Новой Земле. На основе этих данных был определен район относительно максимальной нагрузки ледникового щита на подстилающую поверхность в позднем плейстоцене, и он охватывает северную часть Баренцева моря и восточную часть архипелага Шпицбергена (Forman et. al., 2004).

Модель ледникового щита с покрытым им шельфом и откалывающимися айсбергами изначально инициировалась и запускалась с помощью метода Монте Карло (Кашлан, Шейнкман, 2021) при определенный климатических и геологических граничных условиях, указывающих на условия максимума ледникового покрова. Прокрутка модели шла до тех пор, пока не достигалась квазистабильность в отношении баланса массы. Ледниковый щит достигал квазиустойчивого состояния на разных этапах с определенным подводным рельефом Баренцева моря в течение времени, заданного при моделировании ледниковых потоков. Временной интервал для компьютерного моделирования составлял от интерстадиала на рубеже ~28,8 тыс. л. н. ~ 18 тыс. л. н. – начала фазы нестабильности ледника. Ледниковый щит имел центральный купол ближе к архипелагу Шпицберген в верховьях Зюйдкапского желоба и небольшие ледниковые купола как ледораздел в верховьях Медвежинский желоба (рис. 1).

В предыдущих работах (Siegert, Dowdeswell, 1995) мощность льда на основе палеогляциологического моделирования была оценена в 1,9-2,2 км. Наше моделирование предварительно показало что, когда субаэральная поверхность использовалась в качестве начального входа данных поверхности дна ледника, образовавшийся ледниковый щит 20-18 тыс. л. н. имел простой параболический профиль с максимальной толщиной вдвое меньше - 0,9-1,2 км. Ледяной щит растекался от центрального купола основными ледниковыми потоками в пределах желобов Медвежинский и Зюйдкапский, и относительно небольшими потоками на северной и восточной окраине Баренцева моря и локальными быстрыми потоками на западе, по типу потока по впадине Квейтехол вблизи о. Медвежий. Также было определено, что на юге архипелага Новая Земля и в Печорском заливе ледники были небольшие – их длина на шельфе составляла около 50 км, с зоной распространения айсберговых осадков шириной около 150 км, что подтверждается геологическими данными (Чикирёв и др., 2021). Отсюда вытекает вывод, что и влияние нагрузки ледника на земную кору в западном секторе Арктики в прежних моделях преувеличено, а активизацию неотектонических процессов в этом регионе целесообразней связывать с развитием срединно-океанического хребта Гаккеля (Шейнкман и др., 2020).

Таким образом, применение неверных подходов при оценке четвертичной обстановки дна морей Баренцева и Карского ведет к ошибочным оценкам рисков геологических опасностей. Текущие и предстоящие сейсмические и литологические исследования в районе морей Баренцева и Карского, в их северной части рядом с Землей Франца-Иосифа и в районе островов Белый – Виктория, в южных областях Северной Земли дадут возможность анализировать ситуацию более точно. Несмотря на это, предварительное палеогляциологическое моделирование сделанное авторами уже показывает, что Баренцевский ледниковый щит был небольшой, а ледники в Карском море были локально приурочены к островам.



Рис. 1. Основные линии ледниковых потоков при моделировании MOD1-6 в МИС2. Изолинии нанесены каждые 100 м, Скандинавский полуостров (FIS), Шпицберген (SP), Пай-Хой (PK), Новая Земля (NZ), Печорское море (PS), Медвежий желоб (BY), Зюйдкапский желоб (SF), впадина Джупренна (DJP), впадина Квейтехол (KV), впадина Центральная Банкрена (SER), впадина Стор Банкрена (SB), Земля Конга Карла (KKL), поднятие Стор Банки (SB), поднятие Центральной Банки (STB)

Литература

- Кашдан А. И., Шейнкман В.С. Моделирование МИС2 ледового потока Евразийского ледникового щита в секторе Баренцева моря: первое сравнение результатов численной модели и геологических данных // Палеонтология, стратиграфия и палеогеография мезозоя и кайнозоя в бореальных регионах: Материалы научной онлайн-сессии, 19–22 апреля 2021 г. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2021. С. 286– 290.
- Крылов А.А., Малышев С.А., Богин В.А., Захаров В.Ю., Гусев Е.А., Макаров А.С. Особенности распределения псефитового материала в верхнечетвертичных отложениях северной части Баренцева моря // Проблемы Арктики и Антарктики. 2020. Т. 66. No 3. C. 381–395.
- Митяев М.В., Хасанкаев В.Б., Голубев В.А. Желоба Баренцева моря - современные каналы транспортировки или ловушки осадочного вещества? // Арктика и Антарктика. 2007. Выпуск 5(39), С. 72–79.
- Мусатов Е.Е. Неотектоника арктических континентальных окраин // Физика Земли. 1996. № 12. С. 72–78.
- 5. Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначев В.П. Новые свидетельства
- внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // Доклады Академии наук. 2017. Том 477. № 4. С. 480–484.
- Шейнкман В. С., Мельников В.П., Парначев В.П. Анализ криогенных и тектонических процессов на севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогетеротопии // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Том 494. № 1. С. 82–86.

- Чикирёв И. В. и др. Литологическая характеристика современных осадков юго-западной части шельфа Карского моря // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24, No 1. С. 131–141. DOI: https://doi.org/10.21443/ 1560-9278-2021-24-1-131-141.
- 9. Denton G.H., Hughes, T.J. The Last Great Ice Sheets. New York: Wiley, 1981. 484 pp.
- Forman S.L., Lubinski D.J., Ingolfsson, O., Zeeberg J.J., Snyder J.A., Siegert M.J., Matishov G.G. A review of postglacial emergence on Svalbard, Franz Josef Land and Novaya Zemlya, northern Eurasia // Quaternary Science Reviews. 2004. No 23(11-13), pp. 1391–1434.
- Grosswald M.G. An Antarctic-style ice sheet in the northern hemisphere: toward a new glacial theory // Polar Geogr. Geol. 1988. No 12. pp. 239–267.
- Hughes A. L., Gyllencreutz R., Lohne Ø. S., Mangerud J., Svendsen, J. I. The last Eurasian ice sheets–a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // Boreas. 2016. No 45 (1). pp. 1–45.
- Kurjanski B., Rea B.R., Spagnolo M., Winsborrow M., Cornwell D. G., Andreassen K., Howell J. Morphological evidence for marine ice stream shutdown, central Barents Sea // Marine Geology. 2019. No 414, pp. 64–76.
- 14. Lin Y., Hibbert F. D., Whitehouse P. L., Woodroffe S. A., Purcell A., Shennan I., Bradley S. L. A reconciled solution of Meltwater Pulse 1A sources using sea-level fingerprinting // Nature communications. 2021. 12(1), 1–11.

- Lubinski D.J., Korsun S., Polyak L., Forman S. L., Lehman S. J., Herlihy F. A., Miller G. H. The last deglaciation of the Franz Victoria Trough, northern Barents Sea // Boreas. 1996. Vol. 25, pp. 89–100.
- 16. Patton H., Andreassen K., Bjarnadóttir L. R., Dowdeswell J. A., Winsborrow M. C., Noormets, R., Hubbard, A. Geophysical constraints on the dynamics and retreat of the Barents Sea ice sheet as a paleobenchmark for models of marine ice sheet deglaciation //Reviews of Geophysics. 2015. No 53(4), pp. 1051–1098.
- Pelto M. S., Higgins S. M., Hughes T. J., Fastook J. L. Modeling mass-balance changes during a glaciation cycle // Annals of Glaciology. 1990. No 14. pp. 238– 241.
- Siegert M.J., Dowdeswell, J.A. Modelling ice sheet sensitivity to Late Weichselian environments in the Svalbard-Barents Sea region // J. Quat. Sci. 1995. No 10. pp. 33–43.
- Sergienko O., Wingham D. Grounding line stability in a regime of low driving and basal stresses // Journal of Glaciology. 2019. 65(253), 833-849. doi:10.1017/ jog.2019.53
- 20. Schytt V., Hoppe G., Blake Jr. W., Grosswald M.G. The extent of the Würm glaciation in the European Arctic: A preliminary report about the Stockholm University Svalbard Expedition 1966 // International Association of Scientific Hydrology, General Assembly in Bern 1967, 1968. No 79, pp. 207–216.

УДК 551.24.03

ПРИЧИНЫ ИНЕРЦИОННЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ВЕЩЕСТВА ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ

М.Н. Коржнев¹, В.В. Покалюк²

¹Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины, Киев, Украина ²Института геохимии окружающей среды НАН Украины, Киев, Украина

Инерционные силы действуют на отдельные части нашей планеты при изменениях ее ротационного режима. Под их действие попадают части Земли, наиболее удаленные от оси ее вращения. Это астеносфера и блоки литосферы на некотором удалении от полюсов. Твердая оболочка мантии ниже астеносферы реагирует на изменения ротационного режима как единое твердое тело и может проскальзывать относительно жидкого внешнего ядра в западном или восточном направлении. Нарушение твердой оболочки мантии возникли при формировании Луны в результате столкновения Земли с космическим телом достаточно больших размеров (Wichman, Schults, 1989). Столкновение было причиной нарушений оболочки мантии, которые могут быть объединены в геометрическую фигуру, напоминающую тетраэдр. Эти нарушения существуют до настоящего времени и периодически служат каналами разгрузки разогретого вещества из глубинных частей мантии – суперплюмами. Такое предположение подтверждается расположением в мантии зон разогретого более пластичной вещества на глубине около 2300 км на востоке Тихого океана у островов Галапагос, в Южной Африке, в районе Маршалловых островов в Тихом океане и на Севере Атлантики. Они, вероятно, соответствуют местам схождение глобальных нарушений оболочки мантии в вершинах тетраэдра. Большинство этих зон представлены сближенными «островками» разогретого вещества, что может объясняться его восточным инерционным перемещением в мантии при уменьшении скорости вращения Земли.

Ключевые слова: инерционные силы, мантия, астеносфера, субдукция, эдукция, плюм