

В.С. Шейнкман¹, В.П. Парначев²

¹Институт криосферы Земли, ФИЦ Тюменский НЦ СО РАН, г. Тюмень (Россия)

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск (Россия)

**НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ АНАЛИЗЕ КРИОГЕННО-ГЛЯЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ
И ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА СЕВЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ
В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ КАК РАЗВИТИЕ ИДЕЙ В.С. РЕВЯКИНА**

Аннотация. Представлены материалы, характеризующие развитие плейстоценовых обстановок на севере Западной Сибири. Их изучение проведено с учетом научного наследия В.С. Ревякина и позиций нового научного направления – криогетеротопии, в основе которого лежит анализ типичности, атипичности и утопичности местоположения объектов в пространстве, объединяемом криогенными и криогенно-гляциальными геосистемами. Освещен опыт применения разработанного подхода для анализа причин противоречий, касающихся строения четвертичного комплекса и динамики земной коры на территории региона в плейстоцене, а также для разрешения этих противоречий. На этой основе показаны характерные черты развития рассматриваемой территории.

Ключевые слова: криогенные и криогенно-гляциальные геосистемы, анализ порожденных холодом явлений, плейстоцен, тектоника, север Западной Сибири.

V.S. Sheinkman¹, V.P. Parnachev²

¹Earth Cryosphere Institute, FRS Tyumen RS SB RAS, Tyumen (Russia)

²National Research Tomsk State University, Tomsk (Russia)

**NEW APPROACHES TO ANALYSIS OF CRYOGENIC-GLACIAL SYSTEMS
AND TECTONIC PROCESSES IN NORTH-WESTERN SIBERIA
IN THE PLEISTOCENE – AS DEVELOPMENT OF V.S. REVYAKIN'S IDEAS**

Abstract. Materials characterizing the Pleistocene environments in North-Western Siberia have been presented. Their study has been carried out in the light of V.S. Revyakin's inheritance and from the position of the new scientific concept – cryoheterotopy, the base of which is an analysis of typicality, atypicality and utopism of objects' location in the space, which is united by cryogenic and cryogenic-glacial geosystems. The experience of applying the working out approach to analyze the causes of contradictions in respect to structure of the Quaternary complex and dynamics of the earth crust during the Pleistocene in the region and to solve these contradictions has been elucidated. On such a base, characteristic features of development of the studied area have been considered.

Keywords: cryogenic and cryogenic-glacial geosystems, analysis of the phenomena yielded by cold, Pleistocene, tectonics, North-Western Siberia.

Введение

Научное наследие В.С. Ревякина широко и многопланово. Особенно в аспекте исследования порожденных холодом явлений – в первую очередь природных льдов. Базовые положения по их изучению были изложены им в монографии “Природные льды Алтае-Саянской области” [18], не потерявшей своего значения до настоящего времени и ныне ставшей клас-

сической. Одной из важнейших черт научного наследия В.С. Ревякина является то, что оно ставит во главу угла комплексность решения поставленных задач и системность при изучении природных явлений – в первую очередь связанных с такой сложной средой, как та, в которой формируются природные льды. Опираясь именно на такую постановку научных задач, авторы разработали ряд новых методологических подходов для исследования порожденных холодом явлений, имевших место в четвертичном прошлом [23, 24, 25]. В том числе – в отношении, казалось бы, далеких от проблем холодного мира, но, как выяснилось, тесно связанных с его развитием тектонических событий. Авторы опробовали эти подходы на территории севера Западной Сибири, и опыт их применения предлагается для обсуждения, будучи освещенным в данной статье.

В последние годы по Арктике и Субарктике появилось большое количество данных с противоречивой информацией в отношении строения и развития палеокриогенных образований четвертичного возраста. Будучи объединены как определенный комплекс объектов холодного мира, во взаимодействии они могут рассматриваться как криогенная геосистема, включающая все порожденные холодом явления. Причем, если речь идет о наложении на процесс промерзания горных пород оледенения, объединяющего преобразованные посредством осадочно-метаморфической трансформации льды атмосферного происхождения, то совокупность таких явлений можно рассматривать как криогенно-гляциальную геосистему [25]. Характерно, что помимо собственно обусловленных наличием льда явлений, в ходе работ на севере Западной Сибири авторы обнаружили, что на формирование следов развития криогенных и криогенно-гляциальных систем изрядно оказывают воздействие тектонические процессы. В итоге формируются сложно построенные структуры и образования, и именно в таких случаях для их анализа нужно применять новые, не всегда ординарные методологические подходы и приемы. Опыт их разработки и применения авторами дал положительный результат [23, 24, 25]. Собственно, в развитие его в настоящей статье представлены материалы изучения ряда обстановок квартера в Западной Сибири с позиций *криогетеротопии* [23]. В основе этого научного направления лежит анализ типичности и атипичности местоположения, а также утопичности и реальности условного размещения объектов, объединяемых криогенной в целом, или конкретной криогенно-гляциальной геосистемой, объединяющей порожденные холодом явления и образования – в охватываемом ею определенном пространстве [25].

Изучение с таких позиций явлений холодного мира для исследований в Арктике и Субарктике целесообразно, прежде всего, потому, что на этой территории формируются особые ситуации, когда на фоне господства промерзания горных пород их взаимодействие с наземными льдами и протекание целого ряда сопутствующих геологических явлений идет весьма специфично. А недоучет этой специфики влечет за собой, в первую очередь при анализе событий квартера, искажение оценок эволюции окружающей среды, порождая противоречивость мнений.

Приведение мнений к общей позиции, так или иначе, необходимо, и для решения этой задачи собственно и требуется создание методологической основы, способной его обеспечить. Данная задача, конечно, многопланова, и в рамках одной статьи охватить все ее аспекты нереально. Тем не менее, определенная их часть авторами проанализирована – в плане типичности, атипичности и утопичности конкретного местоположения или условного размещения объектов, объединяемых в соответствующем пространстве криогенной или криогенно-гляциальной системой севера Западной Сибири. Причем – формируемых под воздействием промерзания земной коры и участия гляциальных процессов, но в ходе проявления ее динамики, обусловленной неотектоническими процессами.

Методы и объекты изучения

Используемый подход, опирающийся на анализ четвертичных обстановок с позиций *криогетеротопии* [25], базируется на общенаучных разработках М. Фуко [20] и семан-

тической основе используемого термина. По-гречески *гетерос* (*ἕτερος*), *топос* (*τόπος*) и *у* (*οὐ*) соответственно означает *иной*, *место* и отрицание *не*. Смысл этих слов, применяемых ранее в соответствующей терминологии для фиксации атипичного положения элементов биосистем [13], у М. Фуко [20] был озвучен шире. Структурируя пространство¹ и выделяя в нем объекты систем и надсистем, понятие “*гетеротопия*” М. Фуко постулировал как явление, фиксирующее местоположения таких объектов, а также способ анализа этого местоположения в реальном пространстве, в отличие от “*утопии*” – когда объекты условно помещаются в нереальное, якобы существующее абстрактное пространство. Добавив к термину “*гетеротопия*” префикс “*крио*” – как символ холодного мира, объединяющего все порожденные холодом процессы и образования, авторы, прежде всего, представили дефиницию термина *криогетеротопии* [23]. Она была определена как явление и способ изучения типичных и атипичных, для криогенных и криогенно-гляциальных геосистем, объектов, а также – анализа вероятности их утопичности. Авторы применили данный подход для обоснования закономерности местоположения или условного размещения элементов рассматриваемых геосистем на пространстве севера Западной Сибири при анализе четвертичных обстановок и событий, определяемых развитием холодного мира.

В целом изучаемые авторами объекты в пространстве криогенных или криогенно-гляциальных геосистем севера Западной Сибири выступают как совокупность четвертичных форм рельефа и отложений, созданных под воздействием промерзания горных пород и участи глянциальных процессов, а также преобразующего их следы воздействия тектоники. Изучались, наиболее представительные, формируемые таким образом, объекты, причем, чтобы показать их репрезентативность – на большой территории, на пространстве от истоков рек, стекающих с восточной оконечности Сибирских Увалов, до окрестностей г. Надым на равнине, приуроченной к правобережью Обской губы (рис. 1).



Рис. 1. Схематическая карта севера Западной Сибири

Отметим, что изучаемые объекты занимают положение, обоснование которого в разных схемах четверичных процессов нередко вызывает острую дискуссию, и их анализ с позиций криогетеротопии позволил авторам, уточнив ход развития рассматриваемых гео-

¹ Пространство рассматривается у М. Фуко [20] как любая сложноустроенная среда. Авторы полагают, что возможно использовать этот посыл для характеристики среды, в которой формируются порожденные холодом объекты. Тогда пространство, в котором они возникают и существуют можно считать криогенным.

систем, разрешить ряд противоречий. Реконструируемые в одних имевшихся схемах порожденные холодом объекты были определены авторами как помещенные в пространство, нереальное для условий Западной Сибири – тогда делался вывод об утопичности (по [20]) подобного размещения. В других же случаях изучение черт типичности и атипичности объектов позволило выявить наиболее вероятный ход порожденных холодом и сопутствующих его воздействию процессов.

Постановка задачи и особенности формирования исследуемого пространства криогенно-гляциальной геосистемы

Любая реконструкция былых криогенных или криогенно-гляциальных обстановок подразумевает создание их моделей, построение которых должно опираться на принцип актуализма. С позиций криогетеротопии эти модели не должны быть абстрагированы от конкретных параметров геосистем соответствующего уровня организации [25] – охватывающих порожденные холодом явления; в нашем случае – геосистем на пространстве севера Западной Сибири. В противном случае модель должна быть признана утопичной. С другой стороны, в пространстве изучаемой геосистемы могут встречаться как типичные, так и атипичные (т.е. не типичные для нее), но закономерно образуемые в ее пределах объекты, формирование которых может быть обусловлено определенным воздействием геосистем, сопряженных с рассматриваемой геосистемой.

Такое взаимодействие элементов разных геосистем оказалось атрибутом пространства Западной Сибири, что существенно затрудняет выход на приемлемый уровень достоверности строимых моделей – находить нужное решение как раз и позволяет используемый подход. Поясним: в целом на рассматриваемом пространстве проведенные исследования высветили проявление саморазвития речной сети в условиях промерзания осадков квартера, представленных в основном песчаным, характерным для равнинных рек аллювием. Причем строение верхних горизонтов аллювия отражает развитие былой низкотемпературной мерзлоты, что фиксировано такими явлениями, как полигонально-жильные структуры (ПЖС) в виде псевдоморфоз по полигонально-жильному льду (ПЖЛ), и, как показали проведенные исследования, в период криохронов это типично для всего пространства геосистемы севера Западной Сибири.

Парадоксальность ситуации заключается в том, что наряду с подобными типичными явлениями были обнаружены и, казалось бы, нетипичные для пространства севера Западной Сибири объекты. Но в итоге в одних случаях анализ обстановок с позиций криогетеротопии показал их типичность для данного пространства, поскольку раньше в нем учитывались не все его параметры. Тогда как в других случаях подобный анализ продемонстрировал наличие в этом пространстве нетипичных, но закономерно присущих ему объектов – вследствие регулярного воздействия на данное пространство элементов сопряженных геосистем. В общих чертах парадокс заключается в следующем.

К первым из отмеченных явлений принадлежат обнаруженные в толще осадков севера Западной Сибири криогидроморфные палеопочвы, присущие мерзлой зоне и подтверждающие тем самым промерзание горных пород в прошлом – реальность развития таких палеопочв по ряду причин ранее не признавалась, или на них просто не обращалось внимание. Прежде всего, потому, что в криохроны территория севера Западной Сибири долгое время считалась областью распространения покровного ледника, под которым не должно было формироваться почвообразование. Однако в процессе проведенных исследований авторы установили, что модель с размещением ледникового щита на рассматриваемом пространстве в криохроны плейстоцене была признана, с позиций проведенного анализа, некорректной. Соответственно сделан вывод, что такое образование, как ледниковый щит, геосистеме севера Западной Сибири не было присуще, и с позиций криогетеротопии оно является утопичным [26, 36]. Взяв этот факт на вооружение, авторы провели детальное обследование территории региона, и палеопочвы были повсеместно выявлены, причем выяснено, что они харак-

терны для региона и типичны для него, а их закономерность подтверждается тем, что это продукт климата былых, присущих региону обстановок [36, 37].

Ко вторым из отмеченных явлений относятся нетипичные для расположенной в пределах устойчивой платформы аллювиальной равнины, но закономерно присущие геосистеме севера Западной Сибири валуны и отраженные в тех же осадках свежие сейсмодислокации в составе ранее промерзавших осадков квартера. Несмотря на их атипичность, авторы выявили закономерность их происхождения, обусловленную воздействием на рассматриваемое пространство определенных элементов геосистем, сопряженных с рассматриваемой геосистемой.

Подчеркнем, что ряд исследователей воспринимали упомянутые валуны и сейсмодислокации как итог формирования и таяния древних ледниковых щитов [2, 7]. Однако авторами в ходе проведенных работ было выяснено [26, 36], что реконструкция образований подобного рода является абстракцией, не имеющей отношения к развитию криогенно-гляциальной системы севера Западной Сибири, и в такой ситуации следовало выявить и полноценно обосновать иные причины сейсмодислокаций и происхождения валунов. Первые были определены как следствие активизации неотектонических процессов в арктическом бассейне и особого их отражения в промерзавших в криохроны плейстоцена осадках севера Западной Сибири, а вторые – как итог захвата и перемещения каменного материала посредством типичного для рек Сибири ледово-речного разноса [8, 9, 26]. Иными словами, и то, и другое относится к проявлению воздействия элементов сопряженных геосистем, оно закономерно, но порождает атипичность определенных образований в пределах рассматриваемой геосистемы.

Отметим, что рассматриваемое пространство очень специфично, здесь многогранно проявляется криоразнообразие [24, 25], и это крайне важно учитывать при проведении реконструкций прошлого. Опираясь в данном случае в первую очередь целесообразно на принцип актуализма, поскольку на криогенном пространстве Сибири набор современных обстановок весьма представительен и позволяет репрезентативно сопоставлять их характеристики с параметрами ситуаций, фиксируемых в прошлом [26, 36].

Напомним, что причина многих разногласий при оценке обстановок и событий на рассматриваемом пространстве лежит в недоучете связей между порожденными холодом явлениями. Она довольно веская – накапливание знания об обстановках в Сибири исходно, и долгое время потом, осуществлялось на фундаменте (а нередко – и канонизации) концепций, изначально разработанных на базе изучения внешне похожих обстановок в Альпах, а затем в Скандинавии. Однако правомочны такие концепции для применения только в строго определенных условиях – ведь в их основе лежит изучение порожденных холодом явлений в обстановке относительно мягкого климата, формируемого под преобладающим влиянием Атлантики. Главным фактором появления объектов с многолетним льдом там является механизм осадочно-метаморфической трансформации обильно аккумулируемых твердых атмосферных осадков, консервируемых, и сегодня, и в прошлом, преимущественно в виде ледников и снежников.

Вместе с тем, на рассматриваемом пространстве севера Западной Сибири и далее на восток, в пределах всей Северной Азии преобладает принципиально иной механизм возникновения объектов, порожденных холодом – с преобладанием внутригрунтового и гидрогенного льда, а не льдов снежного генезиса. Это обусловлено господством холодного континентального климата со снегонакоплением на порядок меньше, чем в Альпах и Скандинавии. В итоге глубокого промерзания горных пород, накопление льда в содержащих его объектах идет на рассматриваемом пространстве в основном не на поверхности, а в толще горных пород. Уточним, что все это отражает современность, которая является на шкале геологического времени типичным термохроном, тогда как в криохроны на рассматриваемом пространстве должно было значительно усиливаться господство процессов глубокого промерзания горных пород. Подтверждает сказанное схема расположения в Сибири ПЖЛ – наиболее представительного индикатора глубокого промерзания горных пород, и примеры смены их псевдо-

морфоэлементами по ПЖЛ к северу от Сибирских Увалов уже на восточной оконечности этой гряды (рис. 2).

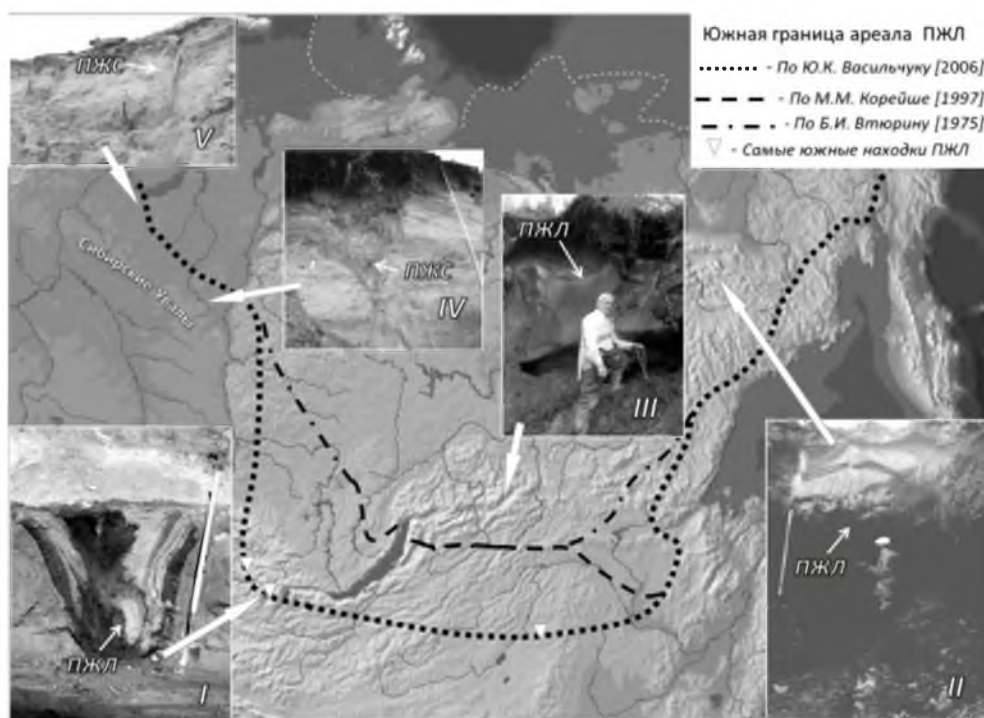


Рис. 2. Южный предел распространения, включая наличие на болотных массивах, ПЖЛ (I – III) в Сибири и пример их смены псевдоморфоэлементами по ПЖЛ (IV) к северу от Сибирских Увалов.
Фото из архива В.С. Шейнкмана

Любые сценарии развития порожденных холодом явлений обязаны учитывать такую ситуацию. Однако из-за стойкости сформировавшихся в течение многих лет стереотипов альпийско-скандинавских канонов заложенные в них закономерности порой и сегодня переносятся на Сибирь – вопреки тому, что отмеченные явления имеют здесь принципиально иное развитие.

Учитывая, что главной своей задачей авторы ставили демонстрацию того, что с позиций криогетеротопии парадоксальность сочетания типичных и нетипичных объектов, принадлежащих пространству севера Западной Сибири, закономерна, это его атрибут, а явления, признанные утопичными, не должны приниматься в расчет, рассмотрим ход примененного анализа в деталях.

Результаты проведенного анализа и их обсуждение

Анализ гляциальных обстановок и событий

Поскольку одной из стоявших перед авторами задач была оценка гляциальных обстановок на рассматриваемом пространстве, требовалось установить в его пределах закономерность наличия или отсутствия определенного типа гляциальных объектов и их формирования как элементов, присущих или не присущих изучаемой геосистеме. Подобные оценки – тема острых дискуссий, прежде всего – между сторонниками и противниками размещения в прошлом на данном пространстве ледникового щита.

В основе модели с ледниковым щитом лежит то, что, по аналогии с внешне похожими формами Русской равнины, Сибирские Увалы, невысокая гряда (см. рис. 1) к северу от Средней Оби (средняя высота 110–140 м, максимальная – 285 м) считалась, а некоторыми авторами [34] считается и ныне, мореной древнего ледника. Причина – фундамент платформы лежит здесь весьма глубоко, но в теле Увалов и на равнине севернее их встречаются упомяну-

тые валуны, и в модели с развитием ледникового щита они принимаются именно за морену. Но модель размещения ледникового щита на изучаемом пространстве с позиций криогетеротопии абстрагирована от параметров его криогенно-гляциальной системы. Покажем, в том числе используя ранее полученные данные [23, 24, 25, 26, 36], почему это происходит.

Условное помещение в рассматриваемое пространство ледникового щита, как особого порожденного холодом объекта, возможно только в случае соответствия критериев его развития законам функционирования криогенно-гляциальной системы, охватывающей это пространство, чего не отслеживается в нашей ситуации. Суть в следующем. Из основных вариантов продвижения ледников на равнину севера Западной Сибири обычно предлагаются: из ледниковых центров в прилегающих горах и островной Арктике или с замерзавшего Карского моря, оперируя моделью, в которой допускается промерзание его до дна и нарастание сверху толщи льда, способного затем надвигаться на материк. Проверим эти варианты с позиций криогетеротопии, учитывая, что на шкалах палеоклиматических летописей глубина и объем основных криохронов квартала примерно одинаковы [31].

Начнем с Карской гляциальной модели. Есть много способов расчета промерзания водоемов. Обычно используются модификации известной задачи Стефана, например – в виде эмпирических зависимостей толщины льда h от накапливаемой за время t суммы отрицательных температур воздуха θ , функцией которой может рассматриваться и его среднегодовая температура [15, 16, 21]. В итоге строятся аппроксимации в виде соотношения:

$$h(t) \cong K \sqrt{\theta(t)},$$

где $\theta(t)$ – сумма отрицательных температур воздуха, с осреднением за период t , и K – поправочный коэффициент, учитывающий свойства льда при его нарастании до величины h за период t .

Проведя уже простейшие расчеты, станет очевидно, что для наращивания толщины льда h на один порядок нужно на два порядка увеличить величину под радикалом, характеризующую охлаждение территории. Даже без учета отличий поправочных коэффициентов для Западной Сибири это нереально.

Возьмем за основу современность – как типичный термохрон, который предшествует криохрону или сменяется им. Плавающий лед ныне нарастает до 3–4 м в наиболее холодных районах Арктики, а в Карском море – до 1,5 м. Среднегодовая температура воздуха в этом районе сегодня составляет -10°C – -12°C , а ее снижение в криохроны могло (согласно основным моделям опускания температуры в высоких широтах [K98]) достичь по абсолютной величине лишь вдвое большего, относительно современности, значения. Атмосферных осадков ныне выпадает там мало – меньше 300 мм/год, снег накапливается на льду медленно; он ослабляет промерзание водной толщи под собой, и также рост льда демпфируется его таянием снизу. (Это близко к обстановке в Северной Якутии сегодня). Чтобы лед в такой ситуации мог лечь на дно, путь один – промерзание всей водной толщи. Однако пошаговое решение задачи Стефана (проведенное при помощи проф. Я.Б. Горелика, ИКЗ ФИЦ ТюмНЦ СО РАН) показало: за типичный криохрон толща морского льда может нарасти здесь лишь до первых десятков метров. Для промерзания его до дна нужно или продление, на порядок и более, времени протекания криохронов – до сотен тысяч лет, при их стандартной длительности в первые десятки тысяч лет, или рост в течение их, тоже на порядок и более, суммы отрицательных температур воздуха. Допустить такое охлаждение территории даже во время самых глубоких криохронов, или увеличить их длительность до сотен тысяч лет, в рамках рассматриваемой геосистемы не реально.

В этом плане можно вспомнить концепцию известного мерзлотоведа С.В. Томирдиаро [19], сделавшего расчет отепления бассейна Арктики водами Атлантики. Его промерзание, считал он, реально было бы до глубины, равной мощности прибрежной мерзлоты (т.е. примерно до 400 – 500 м) только при поднятии разделяющего обе акватории тектонического порога и закрытии доступа вод из Атлантики в Арктику. Однако позже бурение дна в этой части океана выявило, что между обоими бассейнами активный водообмен не прекращался в течение всего плейстоцена [33, 35].

Так или иначе, с позиций криогетеротопии утопично и промерзание в криохроны Карского моря, и, тем более, размещение на пространстве рассматриваемой геосистемы движущегося по его дну ледника. Отметим другие модели, прежде всего, те, где размещение ледникового щита на Западно-Сибирской равнине проводится на основе ее сопоставления с внешне похожей Русской равниной. Этот подход также абстрагирован от реальной ситуации. На Русскую равнину ледник двигался со Скандинавии, что логично – многие её горы выше 2000 м (высшая точка – 2469 м), имеют большую площадь (свыше 800 тыс. км²), а атмосферных осадков на них ныне оседает от 3000 до 5000 мм/год – *на порядок* больше, чем на севере Западной Сибири. В итоге питание у ледников Скандинавии (важнейший параметр их режима) превышает 300 г/(см²·год) [3]. Это большая величина – при похолодании она определит быстрое снижение хионосферы, разрастание ледников до крупных размеров, высокую энергию у них (по [27]) на этапе их роста, и перехват ими влаги с Атлантики (что вызовет существенное уменьшение ее доступа в Сибирь и усиление криоаридизации климата в ней). Так что на рассматриваемом пространстве возникнет ситуация, благоприятная для промерзания горных пород, но негативная для роста ледников [24, 25, 26, 36]. Закономерно, что тогда здесь, при господстве континентального сухого и холодного климата, атрибутом обстановок станет хорошо выраженная мощная криолитозона, а не ледники.

Добавим, что горы, окружающие север Западной Сибири, почти вдвое ниже, чем в Скандинавии: их высота обычно до 1000 м; выше 1500 м, но не намного, лишь отдельные массивы в горах Бырранга, Путораны и Полярного Урала. Но и они более чем на 1000 м ниже современной климатической снеговой линии – фоновое снегонакопление в них уступает снеготаянию вдвое [3]. Ныне, в итоге, при обычном для севера Западной Сибири небольшом количестве осадков (400 – 450 мм/год) здесь развиты лишь *азональные* малые ледники – существуют они только за счет сноса ветром снега с окружающих склонов и его локального накопления в ветровой тени.

Исходя из этого, даже максимально допустимое для данного района опускание хионосферы в криохроны (на величину около 1000 м, или пусть несколько больше [36]) не даст развитие крупных ледников. Оно вызовет лишь сближение снеговых линий – местной, обусловленной перемещением снега ветром со склонов, и климатической, определяемой общими зональными причинами. Учитывая, что горное обрамление региона было в прошлом существенно ниже [17], здесь зона ледосбора у ледников могла, следовательно, охватить в криохроны лишь самую высокую, малую по площади часть гор, и, становясь зонально обусловленными, эти ледники по размерам все равно остались бы весьма небольшими.

Подчеркнем: малая энергия присуща всем ледникам Сибири. Они образуются только по холодному типу, и тем более это должно быть присуще им в криохроны [26, 36], что на этапе их роста определяет у них очень медленное, в отличие от Скандинавии, накапливание ледовой массы и также медленное продвижение. Показателен в этом плане самый крупный на сегодня ледниковый центр Сибирской Арктики – Новая Земля, северный остров которой занят покровным ледником средних размеров. Горы здесь невысокие (это продолжение Урала), но находятся в высоких широтах (от 70°30' с. ш. до 77° с. ш.). Есть модели [32, 38], согласно которым ледники здесь, разрастаясь в криохроны, на западе соединялись с продолжением Скандинавского щита, а на востоке двигались через Карское море на континент. О нереальности таких моделей авторами уже отмечалось [24, 25, 26, 36], и здесь только осветим те черты, что касаются анализа с позиций криогетеротопии.

Сегодня неплохо увлажнен западный склон Новой Земли – со стороны Атлантики приходит сюда свыше 500 мм/год атмосферной влаги. Хотя на восточном склоне ее вдвое меньше, в целом осадки обеспечивают в условиях высоких широт северного острова (74 – 77° с. ш.) развитие достаточно крупного оледенения. Подчеркнем: даже в верхней части гор (их высота около 1000 м) питание у ледников здесь [3] – 50-60 г/(см²·год), что в пять раз меньше, чем в Скандинавии, и оно существенно снизится при усилении криоаридизации. Добавим: толщина льда в центре покрова на северном острове ныне составляет 300–500 м и около 100 м у фронта, в криохроны его энергия оледенения уменьшится, наращивать толщину он ста-

нет медленно и также медленно расти вширь. В итоге, в лучшем случае он охватит южный остров, но на большее в данных условиях просто не хватит времени криохрона. Это [4], собственно, и фиксируется работавшими здесь исследователями. Что касается потоков льда в сторону Баренцева и Карского моря, они будут обязаны вначале выйти в пределы глубоких (около 400 м) впадин – Центральную на западе и Новоземельскую на востоке, которые отсекают Новую Землю от шельфа (где глубина около 100 м). Фронтальные части отмеченных потоков льда по своей природе обязаны быть достаточно тонкими, и заместить водную толщу не только во впадинах, но и на шельфе они не в состоянии. Оказавшись на плаву, ледники, будучи привязаны к своей области питания, станут активно проводить откол айсбергов, и затем, по мере усиления криохрона, соединятся в акватории морей с формирующимися паковыми льдами (толщина которых намного уступит водной толще даже на шельфе), способствуя образованию торосов. На большее объема и глубины криохронов и в этом случае не хватит.

Некорректно с позиций криогетеротопии и взятие за аналог былого оледенения на рассматриваемом пространстве ледников Гренландии и Антарктиды. Обладая крайне малой энергией и питанием (у первых оно чуть больше $10 \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$, у вторых около $2,5 \text{ г}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$ [3]), они достигли крупных размеров за сотни тысячелетий. Возраст придонного льда в Гренландии около 300 тыс. лет, в Антарктиде – более 1 млн. лет [29, 39]. Ожидать криохронов подобной длительности, хотя и она минимальна для формирования ледникового щита на рассматриваемой территории, не приходится. Тем более что в Гренландии и Антарктиде шло образование ледниковых щитов гораздо дольше, что еще раз говорит, с позиции криогетеротопии, об утопичности модели с размещением таким форм оледенения на рассматриваемом пространстве в квартере.

Анализ типичности и атипичности присутствия на исследуемом пространстве каменного материала

Известно, что в составе отложений равнинных рек наличие валунов нетипично. Рассматриваемое пространство это часть Западно-Сибирской равнины, и исследования авторов выявили [24, 25, 26, 36], что на фоне саморазвития речной сети здесь осадки квартера представлены в основном песчаным аллювием, лежащим на цоколе морских неогеновых отложений. Но валуны встречаются, время от времени, в теле Сибирских Увалов и речных террас к северу от них (рис. 3-*I-III*). Анализ химических элементов, сделанный в ходе наших работ по осадкам, лежащим выше неогенового цоколя (по [11]), показал, что вне побережья Арктики на большей части равнины к северу от Сибирских Увалов признаки морского генезиса отсутствуют по всей толще квартера. Таким образом, отмеченный выше айсберговый разнос валунов из Арктики будет типичен лишь на ее побережье, но на рассматриваемом пространстве исключается. А поскольку на нем не может проявляться и ледниковый фактор, на наш взгляд наиболее реален здесь разнос валунов в ходе обычного для рек Сибири их перемещения в ледоход льдинами. Описан этот механизм был еще М.В. Ломоносовым, а конкретно для севера Западной Сибири детально раскрыт, причем и для квартера, и для дочетвертичного времени, И.А. Кузиным [8, 9]. Он фиксировал перенос валунов реками с Урала к местам их впадения в Обь, отметив развитие так называемых валунных набережных и, в частности, случай при углублении русла средней по размерам р. Сось. С ее дна был поднят большой объем валунов, включая тысячи крупных, но всего за первые десятки лет в ледоход были принесены новые порции валунов, восполнивших этот объем. Характерно, что, залегая в меридиональной долине Иртыш-Обь [26, 36], материал уральского сноса на равнинном междуречье Обь-Енисей сменяется породами Средне-Сибирского плоскогорья. Будучи широко представлены в верхнем и среднем течении рек Вах, Таз, Пур, и Надым, они были встречены авторами вплоть до низовий Надыма – на равнине, приуроченной к Обской губе.

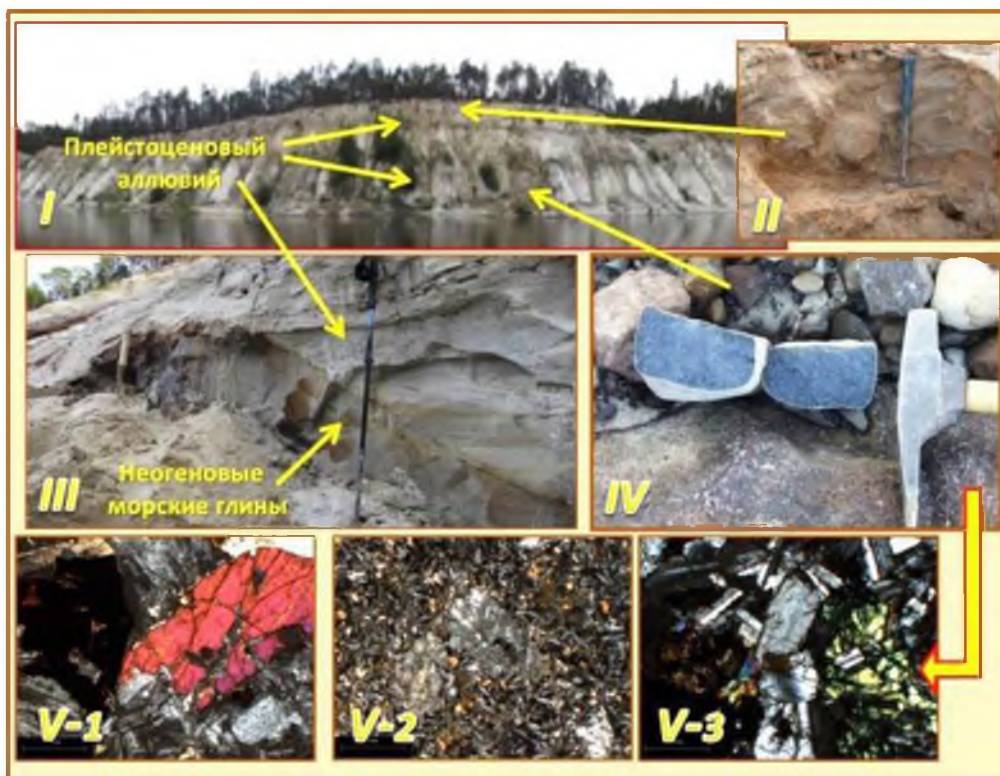


Рис. 3. Строение отложений в обрыве по левому борту долины р. Вах, прорезающей восточную часть Сибирских Увалов. Пояснения в тексте. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Превалируют среди них породы Сибирской трапповой провинции (см. рис. 3-IV-V) – вулканические брекчии и породы базальтового ряда – собственно базальты, долериты, анамезиты (см. рис. 3-V – 1-3). Есть и более дальний перенос. Это осадочные (различные органические и хемогенные известняки, песчаники, аргиллиты, алевролиты, конгломераты, гравелисты), а также метаморфические (роговики, сланцы) породы с междуречья Нижней и Подкаменной Тунгуски. В среднем течении рек региона встречены даже породы с Енисейского кряжа – микроклиновые граниты, сиениты, аплиты. А такие экзотические породы из-под Туруханска, с Курейского месторождения, как графитсодержащие сланцы, отмечались и в верховьях Таза, и в низовьях Надыма. Проникнуть с правого берега Енисея данному материалу несложно через невысокий водораздел на его левом берегу. Ниже устья Подкаменной Тунгуски ледоходы с подъемом воды до 30 м и льдинами до 1,5 м толщиной периодически фиксируют давно [6]. А в квартере [28], подъемы воды на Енисее были намного больше, что вполне позволяло части его вод проникать через отмеченный водораздел (в прошлом он был ниже) на рассматриваемое пространство и осуществлять на нем ледово-речной разнос обломков.

Подчеркивает именно такое происхождение отмеченного каменного материала и то, что в разрезах он нигде не образует сплошных протяженных слоев, даже малой толщины – валуны лишь вкраплены в преимущественно песчаное аллювиальное тело террас и Сибирских Увалов. При их подмыве валуны вываливаются, скапливаются на отмелях, и, будучи покрыты разной толщины коррозионными корками, отражают длительное нахождение и неоднократно переотложение в субаквальной среде (см. рис. 3-II, IV).

В этом плане интересна 10-м терраса близ г. Пангоды на левом берегу р. Тыха (рис. 4), которая в низовьях Надыма впадает в его приток – р. Правая Хетга. Обусловлена небольшая высота террасы малым врезом рек в этой местности, но его достаточно, чтобы вскрыть характерное строение аллювиальной толщи. У поверхности террасы, в ее центре, здесь находится линза, протяженностью около 30 м и толщиной до 3 м, из валунно-галечного материала, в котором представлены все те же отмеченные выше базальтовые породы и графитистые

сланцы с правобережья Енисея (рис. 4-*II-IV*). А несколько выше по течению толщу пересекает сартанская псевдоморфоза по полигонально-жильному льду (рис. 4-*I*). Явно материал этой линзы принесен в один из ледоходов во время формирования псевдоморфозы.

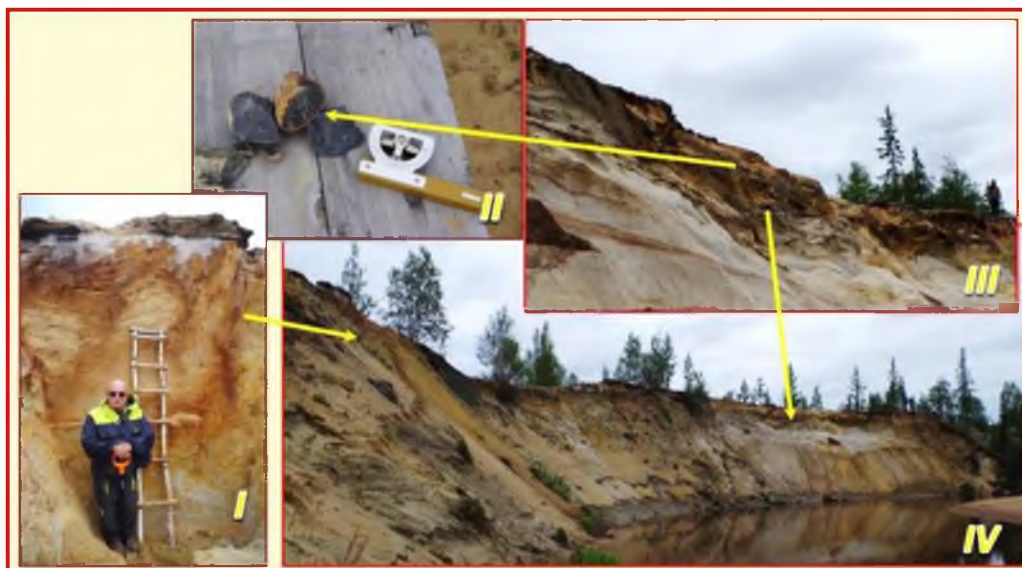


Рис. 4. 10-м терраса в долине р. Тыха. Пояснения в тексте. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Добавим: характерно то, что отмеченная сартанская псевдоморфоза не одиночное образование. Примерно в полукилometре от данного участка толщу тех же отложений вскрывает карьер глубиной около 8 м, созданный для забора песка, используемого в строительстве дорожных насыпей. В расчистке стенки этого карьера протяженностью около 200 м была вскрыта целая серия псевдоморфоз высотой около 5 м при ширине 3–4 м, которые следовали через 20–30 м друг от друга (рис. 5).

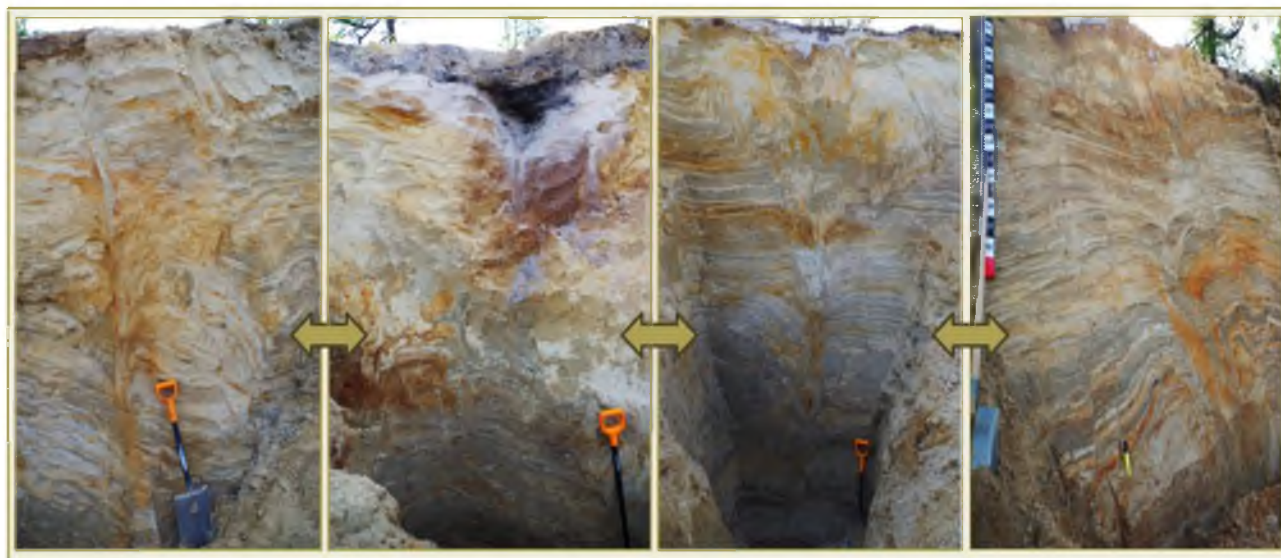


Рис. 5. Типичные варианты проявления следов бывшего полигонально-жильного ледообразования (*II – IX*) на опорном участке 1 в окрестностях пос. Пангоды Ямало-Ненецкого автономного округа. Пояснения в тексте. Фото из архива В.С. Шейнкмана

Они ясно показывают глубокое промерзание горных пород, отражаемое в формировании былых полигонально-жильных льдов, и несовместимость последних с возможностью развития в данном регионе ледниковых щитов. Причем это касается не только сартанской

эпохи – МИС-2, но и предыдущих криохронов, поскольку на шкалах палеоклиматических летописей глубина и объем основных криохронов квартера, как было упомянуто выше, примерно одинаковы [31].

Таким образом, с одной стороны, наличие в отложениях аллювиальной, глубоко промороженной в прошлом равнины валунов – явление нетипичное. С другой стороны оно оказывается на рассматриваемом пространстве присущим ему атрибутом.

Анализ типичности и нетипичности на исследуемом пространстве проявления тектонической активности

Напомним, что в связи с расположением Западной Сибири в пределах устойчивой платформы модель перекрытия в криохроны ее севера ледниками нередко связывали с появлением и снятием их предполагаемой нагрузки на земную кору, и этим объясняли проявление здесь тектоники [2, 7]. Поскольку эта модель с позиций криогетеротопии утопична, поиному высвечивается тогда и роль тектоники, которая на рассматриваемом пространстве оказалась тесно связана с ходом развития мерзлых толщ. Здесь в промерзавших ранее осадках авторами в нетипичных, казалось бы, условиях устойчивой, не осложненной ледником, платформы было встречено много сейсмодеформаций (рис. 6).

Об активном поднятии территории говорит здесь свежий врез рек и его итог – высокие (до 15-20 м в среднем течении рек, в Сибирских Увалах – до 30-40 м) террасы [26]. (Эффект снятия нагрузки ледника дал бы больше вздымание на севере, а не на юге). На наш взгляд, это следствие молодого поднятия гряды Сибирских Увалов вдоль обновленных древних разломов, возможно – за счет субмеридионального давления на основание Западносибирской плиты со стороны образованного в третичное время [1] срединно-океанического хр. Гаккеля, что подтверждает строение сейсмитов – сейсмодеформаций в теле террас.

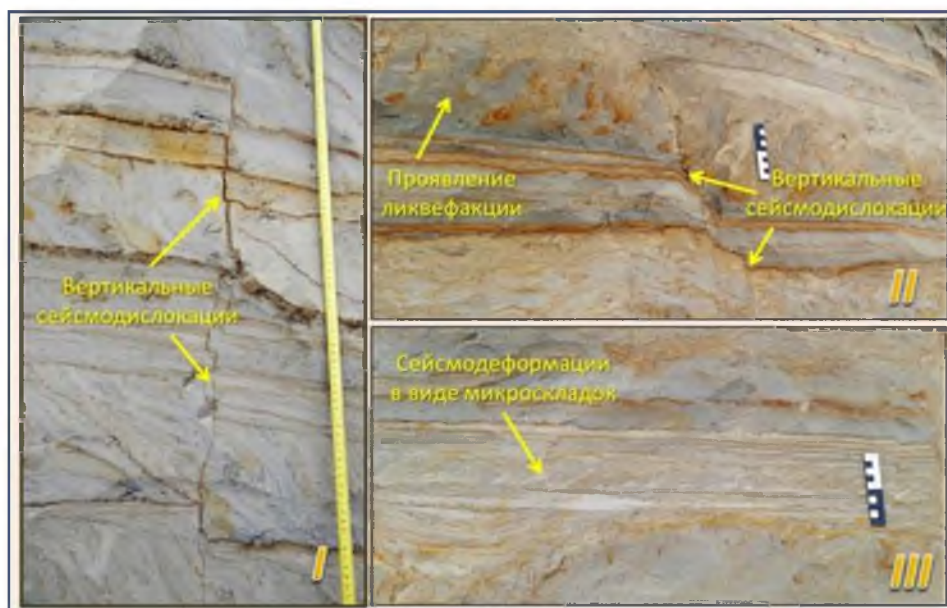


Рис. 6. Сейсмодеформации в позднплейстоценовых аллювиальных осадках 20-м Надымской террасы.
Фото из архивов В.С. Шейнкмана и Г.В. Матьшака

Сейсмиты, при анализе данных с позиций криогетеротопии, несут ценную информацию о характере криолитозоны. В мерзлых осадках сейсмособытия порождают разрывные де-

формации, а в талых – пластические деформации. В породах, ранее не скованных мерзлотой, наблюдались напряженные микроскладки (рис. 6-III) с наклоном осей, говорящем о субмеридиональном сжатии осадков. Максимально его воздействие они испытали в направлении север-северо-восток – юг-юго-запад, т.е. именно со стороны хр. Гаккеля. Проявлялась в таких породах и ликвифакция – инъекционное внедрение (рис. 6-II) приобретающих текучесть (при сейсмособытиях) осадков, принципиально отличное от их мерзлотного преобразования. Ликвифакция в виде язычково-цветковых форм на соотношении между порогом ее возникновения и силой землетрясений отражает (по [14]) их интенсивность в 7-8 баллов по шкале MSK-64. А лежащие с внутренними разрывами складки и надвиговые структуры – более 8 баллов. Однако согласно [12] нужно также знать начальные реологические свойства и иные параметры ликвифицированных осадков, и нельзя однозначно судить о связи ликвифакции с силой землетрясений. Помогает анализ сейсмодислокаций с позиций криогетеротопии.

Вообще в Арктике землетрясения средней силы регулярны [10, 12]. В последнее время их отмечается до десятка ежегодно, а в позднем кайнозое тектоническая активность проявлялась на всех этапах вдоль глубинных разломов: с ними в нашем регионе связаны крупные сдвиговые и взбросово-сдвиговые морфоструктуры (включая Сибирские Увалы), сопряженные с трансзападносибирским разломом [5, 22]. Но больше всего сейсмиков встречено авторами в породах позднего квартера: они фиксируют (раньше этому просто не уделяли особого внимания) наиболее высокую сейсмоактивность – итог нарастания, на наш взгляд, давления со стороны хр. Гаккеля.

Осадки в регионе в последний криохрон квартера, в МИС-2 (возраст обоснован серией ^{14}C -дат [ШМ]), глубоко промерзали, о чем говорит наличие в них псевдоморфоз по ПЖЛ – индикатора низкотемпературной криолитозоны (см. рис. 5). Скованные льдом отложения делались хрупкими и легко поддавались во время землетрясений разрывным деформациям, представленными ныне по всей толще позднего квартера вертикальными смещениями слоев на 5–10 см, порой до 15 см (см. рис. 6-I, 6-II). Причем трещины сдвига не связаны с оседаниями блоков пород оползневого характера или при таянии ПЖЛ, и, на наш взгляд, величина смещений говорит о землетрясениях средней силы, интенсивностью до 5-6 баллов по шкале MSK-64 (хотя по [14] встреченные ликвифакции – фактор более высокой сейсмичности).

Выявленный возраст топ-слоев террас позволил судить о том, что произошло их вздымание (на 20-м высоту в среднем течении рек Надым, Пур и Таз, и до 40 м в Сибирских Увалах) не раньше начала голоцена, т.е. скорость поднятия тела террас составляла 2-4 мм в год. Это также говорит о высокой активности в то время тектонических процессов. Таким образом, с позиций криогетеротопии и сейсмичности как явление, характеризующее рассматриваемую криогенную систему, не атипично, а закономерно, и его анализ позволяет, как видим, уточнять ход криогенеза в квартере.

Заключение

Подводя итог вышеизложенному, можно сказать, что анализ криогенных геосистем с позиций криогетеротопии позволил снять многие разночтения при интерпретации хода формирования элементов отмеченных систем и показал оправданность и целесообразность применения подхода при изучении их развития. Особенно это важно в ситуации, когда без должной корректировки отдельные черты этих систем переносятся на иные, по условиям происхождения, но внешне схожие объекты. Так, в последние годы по Арктике и Субарктике появилось большое количество данных с противоречивой информацией в отношении строения и развития четвертичных палеокриогенных образований – будучи объединены как определенный комплекс объектов холодного мира, во взаимодействии они могут рассматриваться

как криогенная геосистема, объединяющая все порожденные холодом явления. Проведенный анализ как раз и позволил разобраться в данной ситуации детально. В целом же сегодня мы находимся на новом этапе формирования концептуального знания о явлениях холодного мира, и авторы считают, что будет полезно применять представленный подход при выработке более обоснованных научных представлений об этом мире.

Работа выполнена в рамках тем госзадания: Рег. № НИОКТР: АААА-А19-119071990006-3 и АААА-А17-117051850064-0.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арктический бассейн. Геология и морфология. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2017. – 291 с.
2. Архипов С.А. Главные геологические события позднего плейстоцена (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. – 2000. – Т. 41. – № 6. – С. 792–799.
3. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. – М.: Ин-т географии РАН, 1997. – Том I. – 392 с; Том II. – Кн. 1. – 264 с.; Том II. – Кн. 2. – 270 с.
4. Большианов Д.Ю., Анохин В.М., Гусев Е.А. Новые данные о строении рельефа и четвертичных отложений архипелага Новая Земля. Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона // Труды ВНИИОкеангеология. – Том 210. – Вып. 6. – СПб: ВНИИОкеангеология, 2006. – С. 149-161.
5. Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2007. – № 3. – С. 3–11.
6. Григорьев Н.Ф. Мерзлотно-гидрогеологические особенности района г. Игарки. – Якутск: Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1991. – 56 с.
7. Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная часть). – Томск: Изд-во Томского госуниверситета, 1976. – 344 с.
8. Кузин И.Л. Эратические валуны Сибири // Известия Русского Географического общества. – 2001. – Том 133. – Вып. 1. – С. 67-76.
9. Кузин И.Л. Геоморфология Западно-Сибирской равнины. – СПб.: Изд-во Государственной полярной академии, 2005. – 176 с.
10. Маловичко А.А., Коломиец В.В., Рузайкин А.И. Сейсмичность России в 2018 г. // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2019. – №4. – С. 51–60.
11. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретация данных. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – 289 с.
12. Мусатов Е.Е. Неотектоника арктических континентальных окраин // Физика Земли. – 1996. – № 12. – С. 72-78.
13. Мюллер Ф., Геккель Э. Основной биогенетический закон. Избранные работы. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – 292 с.
14. Никонов А.А. Сейсмодеформации в рыхлых отложениях и их использование в палеосейсмологических реконструкциях // Проблемы современной сейсмологии и геодинамики Центральной и Восточной Азии. – Т. 2. – Иркутск: Ин-т земной коры СО РАН, 2007. – С. 56–58.
15. Одрова Т.В. Гидрофизика водоемов суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 312 с.
16. Пиотрович В.В. Расчеты толщины ледяного покрова на водохранилище по метеорологическим данным. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 185 с.

17. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2010. – 280 с.
18. Ревякин В.С. Природные льды Алтае-Саянской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 288 с.
19. Томирдиаро С.В. Вечная мерзлота и освоение горных стран и низменностей. – Магадан: Магаданское книжное изд-во, 1972. – 174 с.
20. Фуко М. Слова и вещи. Археология гуманитарных наук. – СПб.: А-сad, 1994. – 408 с.
21. Чижев А.Н. Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его величины. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 128 с.
22. Чувардинский В.Г. Четвертичный период. Новая геологическая концепция. – Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2012. – 179 с.
23. 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.
24. Шейнкман В.С., Седов С.Н., Русаков А.В., Мельников В.П. Криотрасологическая индикация палеопочв // Криосфера Земли. – 2019. – Т. XXIII. – № 1. – С. 51–62.
25. Шейнкман В.С., Мельников В.П. Эволюция представлений о холоде и возможные пути их развития в науках о Земле // Криосфера Земли. – 2019. – Т. XXIII. – № 5. – С. 3–16.
26. Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н. и др. Новые свидетельства внеледникового развития севера Западно-Сибирской низменности // ДАН. – 2017. – Т. 477. – № 4. – С. 480–484.
27. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 492 с.
28. Ямских А.Ф. Осадконакопление и террасообразование в речных долинах Южной Сибири. – Красноярск: КГПИ, 1993. – 226 с.
29. Bierman P.R., Corbett L.B., Graly J.A. et al. Preservation of a preglacial landscape under the center of the Greenland Ice Sheet // Science. – 2014. – Vol. 344. – P. 402–405.
30. Kutzbach J., Gallimore R., Harrison S. et al. Climate and biome simulations for the past 21,000 years // Quaternary Science Reviews. – 1998. – № 17. – P. 473–506.
31. Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records // Paleoceanography and Paleoclimatology. – 2005. – Vol. 20. – Issue 1. – PA 1003. doi: 10.1029/2004PA001071
32. Möller P., Benediktsson Í.Ö., Anjara J. et al. Glacial history and paleoenvironmental change of southern Taimyr Peninsula, Arctic Russia, during the Middle and Late Pleistocene // Earth Sc. Reviews. – 2019. – Vol. 196. – P. 409–428.
33. Moran K., Backman J., Brinkhuis H. et al. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean // Nature. – 2006. – Vol. 441. – P. 601–605.
34. Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E., Komatsu G., Lang J., Winsemann J. Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia // Earth-Science Reviews. – 2020. – Vol. 201. – Article 103069. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.103069
35. Rasmussen T.L., Thomsen E., Slubowska M.A. et al. Paleoceanographic evolution of the SW Swabard margin (76°N) since 20000 14C yr BP // Quaternary Res. 67. – 2007. – P. 100–114.
36. Sheinkman V. Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation // Quaternary International. – 2016. – V. 420. – P. 15–23.

37. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh S. et al. First results from the Late Pleistocene paleosols in northern Western Siberia: implications for pedogenesis and landscape evolution at the end of MIS3 // *Quaternary International*. – 2016. – Vol. 418. – P. 132–146.

38. Svendsen J.I., Krüger L.C., Mangerud J. et al. Glacial and vegetation history of the Polar Ural Mountains in northern Russia during the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5–2 // *Quaternary Science Reviews*. – 2014. – Vol. 92. – P. 409–428.

39. Talalay P.G. Subglacial till and bedrock drilling // *Cold Regions Science and Technology*. – 2013. – Vol. 86. – P. 142–166.

REFERENCES

1. *Arkticheskii bassein. Geologiya i morfologiya* [Arctic basin. Geology and morphology]. St. Petersburg, VNIIOkeangeologiya, 2017. 291 p.

2. Arkhipov S.A. Glavnye geologicheskie sobytiya pozdnego pleistotsena (Zapadnaya Sibir') [Major geological events of the Late Pleistocene (Western Siberia)]. *Russian Geology and Geophysics*, 2000, vol. 41, no. 6, pp. 792–799.

3. *Atlas snezhno-ledovykh resursov mira* [Atlas of snow and ice resources of the world]. Moscow, Institut geografii RAN, 1997. vol. I. 392 p; vol. II. part 1. 264 p.; vol. II. part 2. 270 p.

4. Bol'shiyanov D.Yu., Anokhin V.M., Gusev E.A. Novye dannye o stroenii rel'efa i chetvertichnykh otlozhenii arhipelaga Novaya Zemlya. Geologo-geofizicheskie kharakteristiki litosfery Arkticheskogo regiona [New data on the structure of the relief and Quaternary deposits of the Novaya Zemlya archipelago. Geological and geophysical characteristics of the lithosphere of the Arctic region]. *Trudy VNIIOkeangeologiya*, 2006, vol. 210, no. 6, pp. 149–161.

5. Gogonenkov G.N., Kashik A.S., Timurziev A.I. Gorizontallye sdvigi fundamenta Zapadnoi Sibiri [Horizontal basement displacements in Western Siberia]. *Geologiya nefi i gaza*, 2007, no. 3, pp. 3–11.

6. Grigor'ev N.F. *Merzlotno-gidrogeologicheskie osobennosti raiona g. Igarki* [Permafrost and hydrogeological features of the Igarka area]. Yakutsk, Institut merzlotovedeniya SO AN SSSR, 1991. 56 p.

7. Zemtsov A.A. *Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoi ravniny (severnaya i tsentral'naya chast')* [Geomorphology of the West Siberian Plain (northern and central part)]. Tomsk, Tomsk State Univ. Publ., 1976. 344 p.

8. Kuzin I.L. Erraticheskie valuny Sibiri [Erratic boulders of Siberia]. *Izvestiya Russkogo Geograficheskogo obshchestva*, 2001, vol. 133, no. 1, pp. 67–76.

9. Kuzin I.L. *Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Geomorphology of the West Siberian Plain]. St. Petersburg, Izd-vo Gosudarstvennoi polyarnoi akademii, 2005. 176 p.

10. Malovichko A.A., Kolomiets V.V., Ruzaiкин A.I. Seismichnost' Rossii v 2018 g. [Seismicity of Russia in 2018]. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya*, 2019, no. 4, pp. 51–60.

11. Maslov A.V. *Osadochnye porody: metody izucheniya i interpretatsiya dannykh* [Sedimentary rocks: research methods and data interpretation]. Ekaterinbkg, UGGU, 2005. 289 p.

12. Musatov E.E. Neotektonika arkticheskikh kontinental'nykh okrain [Neotectonics of the Arctic continental margins]. *Fizika Zemli*, 1996, no. 12, pp. 72–78.

13. Myuller F., Gekkel' E. *Osnovnoi biogeneticheskii zakon. Izbrannye raboty* [Basic biogenetic law. Selected works]. Moscow, Leningrad, Izd-vo AN SSSR, 1940. 292 p.

14. Nikonov A.A. Seismodeformatsii v rykhlykh otlozheniyakh i ikh ispol'zovanie v paleoseismologicheskikh rekonstruktsiyakh [Seismic deformations in loose sediments and their use in paleoseismological reconstructions]. *Problemy sovremennoi seismologii i geodinamiki Tsentral'noi*

i Vostochnoi Azii [Problems of modern seismology and geodynamics of Central and East Asia]. Vol. 2. Irkutsk, Institut zemnoi kory SO RAN, 2007. pp. 56–58.

15. Odrova T.V. *Gidrofizika vodoemov sushy* [Hydrophysics of onshore reservoirs]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1979. 312 p.

16. Piotrovich V.V. *Raschety tolshchiny ledyanogo pokrova na vodokhranilishche po meteorologicheskim dannym* [Calculations of the thickness of the ice cover on the reservoir using meteorological data]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1968. 185 p.

17. Puchkov V.N. *Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* [Geology of the Urals and the Urals (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, Dizain Poligraf Servis, 2010. 280 p.

18. Revyakin V.S. *Prirodnye l'dy Altae-Sayanskoi oblasti* [Natural ice of the Altai-Sayan region]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1981. 288 p.

19. Tomirdiario S.V. *Vechnaya merzlota i osvoenie gornyykh stran i nizmennosti* [Permafrost and the development of mountainous countries and lowlands]. Magadan, Magadanskoe knizhnoe izd-vo, 1972. 174 p.

20. Fuko M. *Slova i veshchi. Arkheologiya gumanitarnykh nauk* [Words and things. Archeology of the Humanities]. St. Petersburg, A-cad Publ., 1994. 408 p.

21. Chizhov A.N. *Formirovaniye ledyanogo pokrova i prostranstvennoye raspredeleniye ego velichiny* [Ice cover formation and spatial distribution of its size]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1990. 128 p.

22. Chuvardinskii V.G. *Chetvertichnyi period. Novaya geologicheskaya kontseptsiya* [Quaternary period. New geological concept]. Apatity, Izdatel'stvo Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN, 2012. 179 p.

23. Sheinkman V.S., Mel'nikov V.P., Parnachev V.P. Analiz kriogennykh i tektonicheskikh protsessov na severe Zapadnoi Sibiri v pleistotsene s pozitsii kriogeterotopii [Analysis of cryogenic and tectonic processes in the north of Western Siberia in the Pleistocene from the standpoint of cryoheterotopy]. *Doklady RAN. Nauki o Zemle*, 2020, vol. 494, no. 1, pp. 82–86.

24. Sheinkman V.S., Sedov S.N., Rusakov A.V., Mel'nikov V.P. Kriotrasologicheskaya indikatsiya paleopochv [Cryotrasological indication of paleosols]. *Kriosfera Zemli*, 2019, vol. XXIII, no. 1, pp. 51–62.

25. Sheinkman V.S., Mel'nikov V.P. Evolyutsiya predstavlenii o kholode i vozmozhnye puti ikh razvitiya v naukakh o Zemle [Evolution of ideas about cold and possible ways of their development in earth sciences]. *Kriosfera Zemli*, 2019, vol. XXIII, no. 5, pp. 3–16.

26. Sheinkman V.S., Mel'nikov V. P., Sedov S. N. i dr. Novye svidetel'stva vnednikovogo razvitiya severa Zapadno-Sibirskoi nizmennosti [New evidence of non-glacial development in the north of the West Siberian lowland]. *Doklady Akademii Nauk*, 2017, vol. 477, no. 4, pp. 480–484.

27. Shumskii P.A. *Osnovy strukturnogo ledovedeniya* [Fundamentals of Structural Ice Science]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1955. 492 p.

28. Yamskikh A.F. *Osadkonakopleniye i terrasobrazovanie v rechnykh dolinakh Yuzhnoi Sibiri* [Sedimentation and decking in the river valleys of Southern Siberia]. Krasnoyarsk, KGPI, 1993. 226 p.

29. Bierman P.R., Corbett L.B., Graly J.A. et al. Preservation of a preglacial landscape under the center of the Greenland Ice Sheet. *Science*, 2014, vol. 344, pp. 402–405.

30. Kutzbach J., Gallimore R., Harrison S. et al. Climate and biome simulations for the past 21,000 years. *Quaternary Science Reviews*, 1998, no. 17, pp. 473–506.

31. Lisiecki L.E., Raymo M.E. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 2005, vol. 20, issue 1, PA 1003. doi: 10.1029/2004PA001071

32. Möller P., Benediktsson Í.Ö., Anjara J. et al. Glacial history and paleoenvironmental change of southern Taimyr Peninsula, Arctic Russia, during the Middle and Late Pleistocene. *Earth Sc. Reviews*, 2019, vol. 196, pp. 409–428.
33. Moran K., Backman J., Brinkhuis H. et al. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean. *Nature*, 2006, vol. 441, pp. 601–605.
34. Panin A.V., Astakhov V.I., Lotsari E., Komatsu G., Lang J., Winsemann J. Middle and Late Quaternary glacial lake-outburst floods, drainage diversions and reorganization of fluvial systems in northwestern Eurasia. *Earth-Science Reviews*, 2020, vol. 201, Article 103069. doi: 10.1016/j.earscirev.2019.103069.
35. Rasmussen T.L., Thomsen E., Slubowska M.A. et al. Paleoceanographic evolution of the SW Swalbard margin (76°N) since 20000 14C yr BP. *Quaternary Res.* 67, 2007, pp. 100–114.
36. Sheinkman V. Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation. *Quaternary International*, 2016, vol. 420, pp. 15–23.
37. Sheinkman V., Sedov S., Shumilovskikh S. et al. First results from the Late Pleistocene paleosols in northern Western Siberia: implications for pedogenesis and landscape evolution at the end of MIS3. *Quaternary International*, 2016, vol. 418, pp. 132–146.
38. Svendsen J.I., Krüger L.C., Mangerud J. et al. Glacial and vegetation history of the Polar Ural Mountains in northern Russia during the Last Ice Age, Marine Isotope Stages 5–2. *Quaternary Science Reviews*, 2014, vol. 92, pp. 409–428.
39. Talalay P.G. Subglacial till and bedrock drilling. *Cold Regions Science and Technology*, 2013, vol. 86, pp. 142–166.

Информация об авторах:

Шейнкман Владимир Семенович, PhD, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Института криосферы Земли, Федеральный исследовательский центр “Тюменский научный центр СО РАН”, 625026, Россия, г. Тюмень, ул. Малыгина, 86. E-mail: vlad.sheinkman@mail.ru

Vladimir S. Sheinkman, PhD, senior scientific worker of the Federal Scientific Center “Tyumen Scientific Centre”, SB RAS, 86, Malygina st., Tyumen, 625026, Russia. E-mail: vlad.sheinkman@mail.ru

Парначев Валерий Петрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры динамической геологии, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36. E-mail: dingeo@ggf.tsu.ru

Valery P. Parnachev, Dr. Sc., professor of the Dynamic Geology’s Department, National Research Tomsk State University, 36, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: dingeo@ggf.tsu.ru