

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ КРИОЛОГИИ

УДК 551.345.2

DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2019-5(3-16)

ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ХОЛОДЕ  
И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РАЗВИТИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

В.С. Шейнкман, В.П. Мельников

*Тюменский индустриальный университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 36, Россия  
Институт криосферы Земли, Тюменский научный центр СО РАН, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86, Россия  
Тюменский государственный университет, 625003, Тюмень, ул. Володарского, 6, Россия; vlad.sheinkman@mail.ru*

В развитии прежних разработок авторов освещаются проблемы восприятия явлений, порожденных холодом, анализируется эволюция представлений о них, разбираются вопросы терминологии, отражающей проявления криоразнообразия. Рассматривается возможность анализа криоразнообразия как совокупности объектов в рамках криогенных систем различного типа и ранга. Предлагается схема взаимосвязей данных объектов как элементов таких систем, приводятся примеры применения подобного анализа для оценки криогенных обстановок.

*Криоразнообразие, криогенные геосистемы, порожденные холодом явления*

EVOLUTION OF THE UNDERSTANDING OF COLD AND POSSIBLE PATHS  
OF ITS DEVELOPMENT IN EARTH SCIENCES

V.S. Sheinkman, V.P. Melnikov

*Tyumen Industrial University, 36, Volodarskogo str., Tyumen, 625000, Russia  
Earth Cryosphere Institute, Tyumen Science Center SB RAS, 86, Malygina str., Tyumen, 625026, Russia  
Tyumen State University, 6, Volodarskogo str., Tyumen, 625003, Russia; vlad.sheinkman@mail.ru*

In further development of the ideas elucidated in the authors' previous works this paper discusses the problems of the perception of phenomena yielded by cold, analyzes the evolution of our understanding of them and dissects questions of terminology that reflects manifestations of cryodiversity. The possibility of analyzing cryodiversity as an aggregate of the objects within the frame of cryogenic geosystems of different types and ranks is explored. A scheme of interactions between the given objects as elements of such geosystems is proposed, and examples of the application of such an analysis for the assessment of cryogenic environments are provided.

*Cryodiversity, cryogenic geosystems, phenomena yielded by cold*

## ВВЕДЕНИЕ

Холод обуславливает своеобразие природной среды в пределах разных оболочек Земли. Понять это и вскрыть особенности протекания процессов, обусловленных холодом, – актуальная задача, особенно для районов Арктики и Субарктики, где наряду с традиционной деятельностью коренных народов идет активное освоение природных ресурсов. Все чаще при этом возникает необходимость в корректировке данных на основе общенаучных подходов: о порожденных холодом явлениях накоплен обширный материал, он требует более глубокого осмысления, и оперирование им с прежних позиций нередко не позволяет выйти на новые концептуальные уровни, а также разрешить накопленные терминологические и иные противоречия. Парадоксально, но само понятие “холод”, час-

то используемое в науках о Земле, пока не имеет ясного определения, хотя сегодня условия для уточнения его роли уже созданы [Мельников и др., 2010, 2013; Шейнкман, Мельников, 2014].

В 1980-е гг. вопросы осмысления порожденных холодом явлений ставились известным мерзлотоведом Ш.Ш. Гасановым [1981, 1984] – как отклик на дискуссию о внедрении в науки о Земле системного анализа и учения о геосистемах [Сочава, 1978]. Это была, по сути, попытка корректировки парадигмы методологии изучения многолетнемерзлых пород (ММП), но затем произошел спад интереса к таким исследованиям. Чтобы он опять возник, потребовалось более 30 лет накопления мультидисциплинарных знаний о криогенных явлениях, что, в свою очередь, вызвало необ-

ходимость новой корректировки и углубления понятийного аппарата. Опираясь на разработки [Гасанов, 1981, 1984] и переосмысливая терминологию на основе греческого слова “*криос* – *χρως*” (означающего мороз, холод и лед), авторы рассматривают порождаемые холодом явления и их взаимодействие с разных сторон, главным считая раскрытие прежде всего генетической специфики этих явлений. Авторы надеются, что такой подход будет способствовать актуальной задаче познания, использования и объяснения закономерностей формирования криогенных ресурсов. Полномасштабный анализ данной проблемы требует изложения результатов в более объемной работе, тем не менее основные ее стороны освещаются в рамках настоящей статьи.

### **История формирования и эволюция понятий, обозначающих холод**

Исследователи, широко используя термин “холод” в науках о Земле, все еще не договорились о его дефиниции, что приводит к очевидной неопределенности в плане концептуальных подходов к изучаемым явлениям и порождает разночтения. Прежде всего – терминологические, так как ученым при изложении взглядов приходится пояснять, в рамках какого концептуального поля и терминологического ресурса они оперируют данными. Тем более что нередко исследования холодного мира замыкаются внутри одной области знаний, и теряется информация, которую реально можно получить только на стыке наук, привлекая потенциал каждой из них.

Как точно заметил Ш.Ш. Гасанов [1984], все это – следствие невозможности синтеза знаний без выхода за пределы конкретной дисциплины, чем, по сути, и объясняется вновь начатая дискуссия об осмыслении холодного мира. С одной стороны, в составе научных направлений появляются ответвления, претендующие на роль самостоятельных дисциплин, а с другой – стремление к целостному знанию объективное, что определяет потребность в идеях, противостоящих самой устойчивой тенденции в науке – ее дифференциации. Актуально поэтому и предложение вывести осмысление холода на уровень нового направления философии науки – криософии [Мельников и др., 2013]. Тем более что соединение софийного [Эпштейн, 2001] и конкретно-концептуального знания используется давно. В античное время возникла теософия, ставившая целью универсальность в общей системе знаний с позиций религии. В новое и новейшее время появились различные направления геософии – попытки философского познания наук о Земле, потом – биософии, нацеленной на осмысление процессов жизни, а затем возникли и иные софийные дисциплины [Бычков и др., 1992; Эпштейн, 2001; Быстров и др., 2016].

Главная сложность в нашем случае связана с тем, что как феномен холод исторически был предметом изучения разных наук и на различных пространственно-временных уровнях, что породило стереотипы восприятия с позиций конкретных дисциплин, изучающих, как правило, не сам холод, а его определенное проявление. При этом направления, объединенные позже наукой криологией, были основаны гораздо раньше ее, о чем свидетельствуют соответствующие публикации. Например, вышедшие соответственно в 1701, 1744 и 1752 гг. работы Исаака Ньютона “О шкале степеней тепла и холода”, Михайло Ломоносова “Размышления о причине тепла и холода”, Леонарда Эйлера “О природе тепла”. В итоге в науках о Земле, оставив понятие “холод” в стороне и не приведя его к какой-то дефиниции, во главу угла был поставлен лед – продукт, символизирующий холод наиболее ярко, и были созданы научные отрасли с целью изучения непосредственно различных видов льда в разных средах, а не холода, определяющего его развитие. В том же ключе формировались содержание и терминология этих научных отраслей, что, собственно, и породило в дальнейшем разночтения в понимании порождаемых холодом явлений.

Поскольку исследователи, используя понятие “холод”, не дали ему определения, он, по сути, остается явлением антропосенсорным (в силу того, как человек по своим ощущениям воспринимает охлаждение вокруг себя). Но жители мест, где окружающая среда характеризуется долгое время низкой отрицательной температурой, даже ситуацию с ее небольшими значениями (по абсолютной величине) будут считать теплой, а обитатели тропиков уже при +10 °С назовут среду холодной. Однако в науке нужны строгие дефиниции, а поскольку под понятием “холод” подразумеваются разные состояния среды, оно в отношении явлений природы должно быть наполнено физическим содержанием с приданием ему соответствующего статуса. Но исторически сложилось так, что понятие “холод” в физике не фигурирует: ни понятие “холод”, ни понятие “тепло” в физических словарях не упоминается. Физика оперирует понятиями “теплота” и “тепловая энергия”. Теплота – это форма движения образующих физическое тело частиц (атомов и т. д.), называемого тепловым [Физическая энциклопедия, 1998, с. 748]; ее мерой служит количество теплоты, ассоциируемое с тепловой энергией, передаваемой или получаемой телами и средами при теплообмене. В обиходе понятие “тепло”, конечно, используется, и условно с ним ассоциируется активность атомно-молекулярного движения в соответствующей среде. С таких позиций холод (антипод тепла) – это явление, отражающее ослабление атомно-молекулярного движения в изучаемой среде, и данный

подход мог бы стать основой для упорядочивания понятий с позиций и антропосенсорного восприятия, и физики. Тем не менее даже условной формулировки понятию “холод” пока не дано, лишь отмечается порой, что это состояние среды, лишённой определенного тепла.

В итоге в науках о Земле, характеризуя термином “холод” то или иное явление, далеко не всегда имеют в виду одно и то же и, соответственно, неоднозначно его оценивают. Обратимся вновь к физике. Опираясь понятием “теплота” как мерой энергии, переходящей от одного тела к другому при их нагревании и охлаждении, как показатель физика использует четко определенную величину охлаждения и нагрева тел и сред – температуру. В принципе, оставив антропосенсорное восприятие для бытового использования, можно было бы на основе температурного состояния определяющей холод среды условиться о его дефиниции, о том, какие явления могут быть им охвачены и с помощью каких природных индикаторов характеризовать его статус. Иными словами, холод давно следовало обозначить как такое состояние среды, когда потери ею тепловой энергии будут определяться по четко выявляемым критериям. Тогда стало бы реально обозначить и то, для каких дисциплин эти явления станут предметом изучения. Этого не было сделано по объективным, затрудняющим формирование единого подхода, причинам.

Начала многих наук заложены в античном Средиземноморье, будучи фиксированы на латыни и греческом языке, которые стали основой научного лексикона. У народов, населяющих эту местность, характеристики наиболее холодной для них среды были закреплены в словах, связанных с ситуацией, когда замерзает вода. Уже временные заморозки ими воспринимались как большое охлаждение среды вокруг них, и сильный холод, используя соответствующие слова, стали связывать с появлением снега и льда. Напомним, что на латыни это слова *нивалис* (*nivalis*) – снежный, ледяной, а также холодный как снег; *гляциес* (*glacies*) – лед, но также среда, в которой формируется лед – холод, мороз; *гляциалис* (*glacialis* – производное от *glacies*) – ледяной, льдистый, или морозный – холодный, как лед [Шейнкман, Мельников, 2014]. В древнегреческом языке аналогично использовано упомянутое слово *криос* (*χρυος*): оно означает лед, но в то же время и холод, мороз [Дворецкий, 1958, 1986]. То же самое происходит в других языках Средиземноморья. На иврите, например, холод обозначает слово *кор* (קר), созвучное с греческим *криос* (*χρυος*), а производное от него слово *кэрах* (קרר) переводится как лед.

Используя этот багаж, сначала стали формировать терминологию о ледниках. В вышедшем в конце XVIII в. труде О. Соссюра “Путешествие в

Альпы” были заложены основы науки о них с терминами на базе латинского значения слова лед, и ее назвали гляциологией. Но другие льды, не в составе ледников, еще долго оставались в стороне, хотя столетием раньше в Якутске льды многолетнемерзлых пород были отмечены до глубины 30 м – при рытье колодца казаком Яковом Светогоровым в 1685–1686 гг., о чем сообщалось в донесении якутского воеводы Матвея Кровкова [Каменский, 2007]. О льдах ММП русским первопроходцам вообще было известно давно, но ученые Европы эти данные не признавали, пока А.Ф. Миддендорф, а затем А. Гумбольдт в середине XIX в. не осветили факт их наличия в европейской печати. Становление науки о снеге и льдах гидросферы произошло еще позже – в первой половине XX в., и лишь к тому времени разнообразие льда на Земле во всех ее сферах перестало подвергаться сомнению. Опираясь на потенциал охвата ледовых явлений латинским словом *glacies*, ряд исследователей предложили тогда к объектам гляциологии отнести все льды. Но большинство ученых считает ее наукой о ледниках, поэтому стали вводиться уточнения: гляциология в широком понимании – наука о льдах вообще, а в узком – о ледниках [Словарь..., 1975; Гляциологический словарь, 1984; Dictionary..., 1984]. Это породило разночтения, и были предприняты попытки введения более четких терминов. Науку о природных льдах в широком понимании было предложено, опираясь уже на суть греческого слова *криос* (*χρυος*) в значении лед, назвать криологией, а всю ледовую оболочку Земли – криосферой [Dobrowolski, 1923]. Однако становление науки о ММП внесло коррективы. Ее начала были изложены в труде М.И. Сумгина [1927], и со временем в криосферу стали включать все земные оболочки, среда которых имеет отрицательную температуру, а под криологией подразумевать науку, предмет которой есть криосфера [Толстихин, 1974]. Предложение применять греческое слово *пагос* (*παγος*), также означающее холод (назвав науку *пагология* и создав термины, отличные от предложенных в [Dobrowolski, 1923]), не прижились.

Напомним, что расширение терминологии с опорой на слово *криос* (*χρυος*) сделано относительно недавно. Лишь в 1966 г. Н.И. Толстихин дал новое определение криологии как дисциплины, изучающей криосферу – особую оболочку Земли или других планет [Толстихин, 1974]. Предлагая считать криологию единой наукой о холодном мире – не только Земли, но и других планет, Н.И. Толстихин отмечал с сожалением, что на тот момент его предложение не вошло в жизнь [Там же, с. 10]. Как он считал, тогда еще не было выработано общепризнанных определений и понятий о криосфере и криологии. Приходится констатировать, что и спустя полвека еще об этом

спорят, тем более что соответствующего обсуждения не проводилось со времени последнего поднятия этих вопросов Е.А. Втюриной и Б.И. Втюриным [1982]. Вместе с тем в становлении криологии Земли точкой отсчета можно считать 1970 год, когда, несмотря на не устоявшееся еще восприятие новой науки, при Отделении океанологии, физики атмосферы и географии АН СССР был создан Научный совет по криологии Земли.

Преодолеть разночтения крайне важно. Порожденные холодом явления неразрывно связаны, и недоучет любого из элементов определяемой холодом системы только потому, что он является предметом изучения в соседней области знаний, приводит к существенному искажению оценок состояния окружающей среды. Помогает решить проблему взгляд на объекты с позиции криоразнообразия: им объединяются порожденные холодом объекты с учетом того, что каждый из них, обладая несходными и неповторяющимися чертами, несет присущий только ему объем информации [Мельников и др., 2013; Шейнкман, Мельников, 2014]. Используя понятие криоразнообразия, классификацию объектов криосферы можно рационально усовершенствовать, сделав удобным инструментом упорядочивания знаний о ней. Как писал Б.И. Втюрин [1988], мы имеем дело с отраслью требующих упорядочивания знаний, так как она все еще уязвима в плане нехватки четкой системы специальных понятий и не всегда устоявшейся терминологии. Эти слова весьма актуальны, поэтому, опираясь на семантику и этимологию терминов, формирующих устоявшийся научный лексикон, по мнению авторов, прежде всего упорядочивание должно коснуться содержания понятий “холод” и “холодный мир” и совершенствования классификации объектов криосферы по генетическим признакам. Ведь именно они образуют базис для распознавания сложных, взаимосвязанных, порожденных холодом явлений. Осуществить это реально на основе системного подхода, с привязкой объектов криосферы к конкретным оболочкам Земли, анализа происхождения этих объектов и вскрытия закономерностей их развития в среде, в которой они формируются.

#### ***Криоразнообразие и переход к криогенным системам***

Прежде всего обозначим, что авторы подразумевают под понятиями “холод” и “холодный мир”, воспринимаемыми в основном пока риторически: их нет в словарях. Словосочетание “мир холода” впервые применил Б.И. Втюрин [1988], озаглавив так редактируемый им перевод труда [Washburn, 1979] (в оригинале: “Geocryology” – “Геокриология”) и обозначив сочетание объектов геокриологии как криологии Земли, что, по сути, правильно, ибо греческий корень *ge* – γῆ означает

*Земля*. Словосочетание “мир льда” (the world of ice) в отношении льдов планеты ранее применил Д. Дайсон, поставив его в заглавие своей книги [Dyson, 1962]. Но уточнений терминов не давалось, и в обоих случаях речь шла об области отрицательных температур, что не учитывает льдоподобные газогидраты и не подчеркивает, что холод – состояние среды. Авторы предлагают дать уточнения: *холод – состояние определенной среды, в котором потери ее тепловой энергии приводят к снижению температуры этой среды до образования в ней в обычных условиях водного льда или при большом давлении подобного ему газогидрата*. Понятие “холод”, обретая физическую сущность, определяет тогда состояние земных сред при температуре кристаллизации воды (0 °C в обычных условиях) или льдоподобного газогидрата (~5 °C на больших глубинах) и до предельно низких значений (в условиях Земли около –90 °C). По аналогии с предложением П.А. Шумского [1955] оценивать гляциальные процессы через *энергию оледенения*, для оценки холода можно ввести параметр *энергия холода* – эквивалент тепловой энергии, нужной для повышения температуры холодной среды до точки плавления льда (или льдоподобного газогидрата) и дополнительно – на его плавление.

Ввод данных понятий помог бы упорядочить систему взглядов на порожденные холодом явления, которые в этом случае можно объединить, устранив разночтения, понятием *холодного мира*. Понятие “мир” объединяет совокупность всех форм материи в земном и космическом пространстве, и *холодный мир* предстает тогда, приобретая ясный образ, как среда, свойства которой определяет холод. В отражающей его терминологии авторы считают, что нужно, во избежание разночтений, опираться на корень *криос* (κρυος) в значении *холод*, а термин “*криогенный*” озвучивать как *порожденный холодом*. Термин “*криогенез*” тогда должен объединять (семантически это буквально – *порождаемое холодом*) все процессы, определяемые холодом, не ограничиваясь теми, что протекают в горных породах при отрицательной температуре, как считалось, когда делался акцент только на эту сторону криогенеза [Тютюнов, 1960]. Следуя законам семантики, и *мерзлотоведение* как науку о мерзлых породах нужно соотносить не с геокриологией вообще, а считать ее частью, отождествляя геокриологию с криологией Земли – наукой, предмет которой – весь холодный мир нашей планеты.

Разнообразие всех природных явлений (в том числе криоразнообразия) упорядочивает систематика, в задачу которой входит разработка их классификаций: построение иерархий с соподчиненными таксонами – теми элементами классификаций, что объединяют объекты на основании их общих свойств и признаков и соотносятся по

принципу от высшего уровня своей организации к низшему. Соотношение, когда один таксон делится на таксоны более низкого уровня и в то же время это часть более высокого таксона, собственно и составляет таксономическую иерархию, различные уровни которой – это таксономические ранги [Шаталкин, 2012]. В науках о Земле ранги таксонов обычно выявляются по охвату определенной ее части [Гляциологический словарь, 1984; Котляков, Комарова, 2012], и по уровню своей организации геосистемы составляют ряд: от высшего общепланетарного до низшего элементарного уровня. Авторы будут пользоваться такой иерархией.

Анализируя тенденции криологии, Ш.Ш. Гасанов [1984] писал: “Одним из эффективных средств стимулирования интегративных тенденций служит внутридисциплинарный синтез, что в самом общем виде означает преодоление эмпиризма в процессе получения нового знания, сведение всего неконтролируемого многообразия объектов изучаемой реальности к единому основанию...” (с. 4). Одним из путей подобного упорядочивания знаний о мире холода стало объединение объектов криоразнообразия в рамках криогенных геосистем [Мельников и др., 2010; Шейнкман, Мельников, 2014; Sheinkman, 2012]. Выявив у этих объектов присутствие только им генетические признаки, реально выделить в поле криоразнообразия совокупности всех порожденных холодом и закономерно объединенных им явлений и среди них распознать конкретные иерархии. А затем определить их принадлежность к системам определенного типа на соответствующем уровне организации, преодолевая тем самым разночтения, исторически обусловленные дифференциацией ветвей криологии. Реорганизация концептуального поля криологического знания и упорядочивания его терминологического аппарата в соответствии с накоп-

ленным опытом и новыми знаниями, так или иначе, назрела: авторы предлагают возможное решение в развитие идей, изложенных в [Мельников и др., 2010; Шейнкман, Мельников, 2014]. Его суть – используя принципы системного подхода, установить иерархическую соподчиненность явлений холодного мира на базе систематизации по генетическим признакам, создав ясные схемы взаимоотношений объектов криосферы. Эти объекты в соответствующей иерархии становятся элементами конкретных криогенных геосистем, и их классификационные признаки тогда реально использовать как инструмент диагностики криологической ситуации. Данный способ решения назревших вопросов конструктивен, а накопившиеся на сегодня разночтения концептуального характера определяют его целесообразность.

Вообще учение о геосистемах изначально предназначалось для изучения ландшафтов [Сочева, 1978], но затем его подходы были широко применены в науках о Земле. Классическое определение системы – набор взаимодействующих элементов [Берталанфи, 1969]. Криогенная геосистема – это целостность, выделяемая как результат взаимодействия порожденных холодом объектов. Их организация на общепланетарном уровне – геосистема криосферы Земли (рис. 1). А на глобальном – объединение криогенных систем в рамках ее главных оболочек: атмосферы, литосферы, гидросферы и гляциосферы (последняя – самостоятельная снежно-ледниковая оболочка, согласно [Гляциологический словарь, 1984; Котляков, Комарова, 2012]). Соответственно, к ним относятся: криоатмогенные, криолитогенные, криогадрогенные и диада криогенно-гляциальные + криогенно-нивальные системы (см. ниже). Они объединяют системы более низкого ранга – региональные, локальные и др., на низшем уровне окажутся

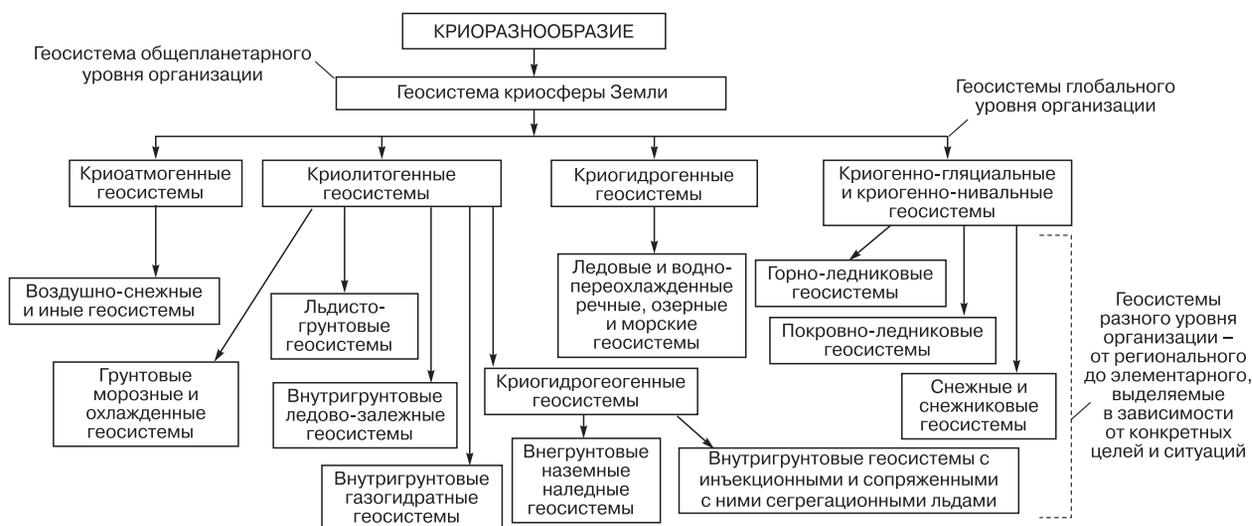


Рис. 1. Классификация криогенных геосистем по генетическим признакам (пояснения в тексте).

геосистемы, которые в зависимости от их генетической привязки удобно выделить как элементарные – это системы отдельных ледников, наледей, полигонально-жильных льдов (ПЖЛ) и т. д. Такое деление и объем таксонов, конечно, условны, на линии “глобальный – элементарный уровни” выделить можно целый ряд их, все зависит от цели исследования.

Четко обозначить реально только границы геосистем глобального уровня организации или конкретно выделяемых систем более низкого ранга. Разработать классификацию криогенных систем детально, как это сделано в отношении ландшафтов [Сочава, 1978], – задача на перспективу. В нашем случае речь идет о криоразнообразии в разных средах, и в приводимой в данной статье классификации даже показать все таксоны – нереально.

Потоки вещества и энергии у различных криогенных систем могут пересекаться: приземные слои атмосферы, например, – это часть среды не только криоатмосферных систем, но в выделении сложных промежуточных таксонов, допустим атмосферолитогенных, особого смысла нет. Решение в этом случае лежит в объединении криогенных объектов с соблюдением принципа признаков-доминант и оперирования ими на генетической основе, что и отражено в предлагаемой классификации. Рассмотрим как пример геосистемы, связанные с подземными водами криолитозоны. Они названы в работе [Алексеев, 2005] криогидрогеологическими, но в этом названии теряется смысл явления как порожденного холодом: основа на корне *логос* – *λόγος* указывает на изучение объекта определенной наукой, а не на его генезис. Лучше в данном случае подходит термин *гидрогеогенный* [Романовский, 1993], с префиксом *крио* геосистемы будут *криогидрогеогенными*. Эти системы формируются на стыке литосферы и других земных оболочек, но их генетический признак-доминанта – формирование вещества в составе криолитозоны. Охватить их наряду с другими таксонами, объединяющими ее элементы, по сути, должно подразделение криолитогенных систем.

Однако криогидрогеогенез порождает разные объекты, в том числе наземные – наледи, продукт миграции воды из таликов в толще пород с положительной температурой в область отрицательных температур на поверхности. Решение, на наш взгляд, в следующем: выделить в составе криолитогенных систем подразделения, охватывающие конкретные объекты. Во-первых – внутригрунтовые системы, когда грунт как комплекс пород выступает в роли, например, локальной системы, вмещающей элементарные системы инъекционных и сопряженных с ними сегрегационных льдов; во-вторых – грунтовые системы, когда сам этот комплекс служит объектом и рассматривается как

отдельная система. А наледи, которые фактически являются внегрунтовыми криогидрогеогенными объектами, займут особое место. Для этого нужно среди криогидрогеогенных систем выделить отдельно таксоны ледово-внутригрунтовых систем с подземными льдами и внегрунтовых, наледных, определяя их ранг в зависимости от ситуации.

Неоднозначно и отношение к объединениям льдов снежного генезиса. Снег, их исходное вещество, – продукт криогенеза в атмосфере. Снежинки получают определенную энергию холода (включая потенциал затрат на фазовые переходы) первично в атмосфере, и на земле скопления снега могут поэтому некоторое время существовать даже на талых породах. В условиях пополнения энергии холода уже на земле снег, накапливаясь, преобразуется в ходе осадочно-метаморфического процесса (процессы льдообразования даются по [Шумский, 1955]), в итоге могут создаваться геологические тела в виде снежников и ледников. Сложность в том, что наука о них возникла раньше других ветвей криологии, и были созданы устойчивые стереотипы – согласно им непривычно рассматривать эти элементы криосферы как объекты *криогенные, порожденные холодом*. Даже в недавно вышедшем словаре [Котляков, Комарова, 2012] криогенез привычно рассмотрен в аспекте мерзлотных процессов, хотя формируемые из снежной массы геологические тела – тоже проявление криогенеза. Тем более что из снега и льда состоят и иные формы наземного оледенения: самая значимая из них – отмеченные выше наледи, содержащие большие объемы льда. На них также происходит осадочно-метаморфическое преобразование снега, но оно не превалирует. Основной процесс здесь конжеляционный, и, что важно, его роль велика в ледниках Восточной Сибири, где наледи, расположенные ниже ледников, нередко соразмерны с ними. Все это подчеркивает многообразность проявлений криогенеза.

По сути, нивальные и гляциальные образования формируют особый слой литосферы и должны входить в состав криолитогенных геосистем. Но такой подход (он был предложен в [Шейнкман, Мельников, 2014]) не получил поддержки – сильна тенденция рассматривать снежные льды в составе отдельной земной оболочки. Учтя это, авторы в развитие идей [Шейнкман, Мельников, 2014] предлагают, оставив объединение льдов снежного генезиса в рамках гляциосферы, придать ему новый смысл, обозначив, что гляциосферу формируют особые, порожденные холодом системы, и отразив это в названии. При объединении ледников это будут *криогенно-гляциальные системы* (КГС). Поскольку по лаконичному определению П.А. Шумского [1964] “ледник – это поток льда атмосферного происхождения”, поясняющий термин “гляциальный” в данном случае покажет, что

речь идет о криогенных системах, у которых поток льда является доминирующим элементом, возникшим первично из снежной массы. А если в составе систем превалируют снежные образования, еще не превратившиеся в потоки льда, к слову “криогенный” добавится привычный для таких объектов термин “нивальный”, т. е. речь тогда пойдет о *криогенно-нивальных* системах (см. рис. 1). Используемый в гляциологии термин “*нивально-гляциальные системы*” показывает их принадлежность к криосфере, но отражает вещественный, по сути, состав ледовых тел и сам не несет нагрузки именно криогенного – порожденного холодом – явления, так что он в данном случае не подходит.

Очень важно четко определять признаки-доминанты у геосистем регионального ранга. Охватывая крупные участки Земли и обладая набором специфических свойств, они требуют тщательного анализа потоков их вещества и энергии, иначе оценки состояния систем будут искажены. Так, при анализе региональной КГС Западной Сибири в [Шейнкман, Мельников, 2014] было показано, что на ее вход подаются строго определенные энергия холода и холодное вещество, обеспечивая даже в самые холодные эпохи квартера развитие лишь горно-ледниковых геосистем. При этом порой предлагаемые здесь покровно-ледниковые системы – это результат некорректной подстановки на вход систем иных, не собственных Сибири, параметров европейских КГС. В то же время, если сейчас оценивать данную КГС, это будет объединение всего нескольких десятков малых ледников в локальных системах в ее горном обрамлении. Но если взять КГС современной островной Арктики регионального уровня, это будет объединение покровно-ледниковых систем, в составе которых даже самый малый ледник покровного характера (например, взятый как элементарная система – ледниковый купол) по объему ледового вещества и занимаемому ареалу будет больше, чем все объекты КГС на севере Западной Сибири.

Таким образом, в классификации (см. рис. 1) отражен принцип, что все порождаемые холодом объекты, с одной стороны, ясно идентифицируются как элементы криоразнообразия, объединяющего все их множество. С другой стороны, они ясно выделяются в рамках определенных криогенных систем, что может служить инструментом анализа криогенных обстановок.

#### **Примеры применения предлагаемого подхода при спорных оценках криогенных обстановок**

Предлагаемый подход, в основе которого лежит анализ криогенных геосистем по генетическим признакам, позволяет снимать разночтения прежде всего в случаях, когда без должной корректировки закономерности формирования одних систем переносятся на системы иного генезиса.

Это особенно касается систем регионального ранга, элементы которых наряду с оценкой генезиса важно анализировать, дифференцируя системы в формате “тепло–холодно” [Шейнкман, Мельников, 2014]. Выше сказано о неправомерности переноса на сибирские объекты черт европейских систем: подобные разночтения при интерпретации криогенных явлений приводят к искажению оценок обстановок, обусловленных порожденными холодом явлениями. Отметим другие характерные примеры некорректного переноса свойств одних геосистем на геосистемы, отличные от них.

Нередко без должной корректировки отдельные черты элементов систем низких рангов переносятся на иные по условиям формирования, но внешне схожие объекты, а затем и на характеристики геосистем более высокого ранга. Так, в Принадымье полигонально-жилые структуры (ПЖС) с характерными признаками псевдоморфоз по ПЖЛ [Шейнкман и др., 2017, 2019] отмечены в [Зыкина и др., 2017] как первично-песчаные жилы (ППЖ), элемент систем, встречаемых только в крайне холодных и сухих районах Антарктиды. Обоснование – описанные в работе [Зыкина и др., 2017] ПЖС – узкие (по вертикали ~2.5 м и шириной ~0.5 м) и с преимущественно песчаным телом. При этом упущено из виду, что даже в самый холодный, сартанский, криохрон Принадымье и сопредельные с ним районы были ареалом ПЖЛ, а не ППЖ [Крицук, 2010; Стрелецкая и др., 2015; Шполянская, 2015]. Для сравнения – известный очень холодными и сухими условиями север Якутии (осадки 250 мм/год, среднегодовая температура воздуха около  $-15^{\circ}\text{C}$ ) обеспечивает тем не менее развитие ПЖЛ и песчано-ледяных жил (ПЛЖ), а не ППЖ [Деревягин и др., 2007]. Параметры таких условий по любым моделям падения температуры воздуха и осадков [Стрелецкая и др., 2015; Шполянская, 2015] предельны для криохронов Принадымья, где ныне среднегодовая температура воздуха при вдвое больших осадках примерно на  $10^{\circ}\text{C}$  выше, чем на севере Якутии (в 1980-е гг. она была около  $-6^{\circ}\text{C}$ , сегодня близка к  $-3^{\circ}\text{C}$ ). Поэтому ПЖС здесь представлены ясно выраженными вторично заполненными формами в виде характерных для Принадымья клиновидных, вложенных друг в друга тел – псевдоморфозами по ПЖЛ [Шейнкман и др., 2017, 2019]. Встречаются среди них ПЖС шириной не только в полметра (как отмечено в [Зыкина и др., 2017]), но и в несколько метров. При этом серии клиньев окаймлены ясно выраженными гидроморфными палеопочвами (рис. 2) [Шейнкман и др., 2019], что невозможно в случае внутриантарктических геосистем, в составе которых встречены лишь зародышевые почвы [Абрамов и др., 2011].

Вообще, ППЖ выявлены только в холодной пустыне Сухих Долин Мак-Мёрдо в Антарктиде и

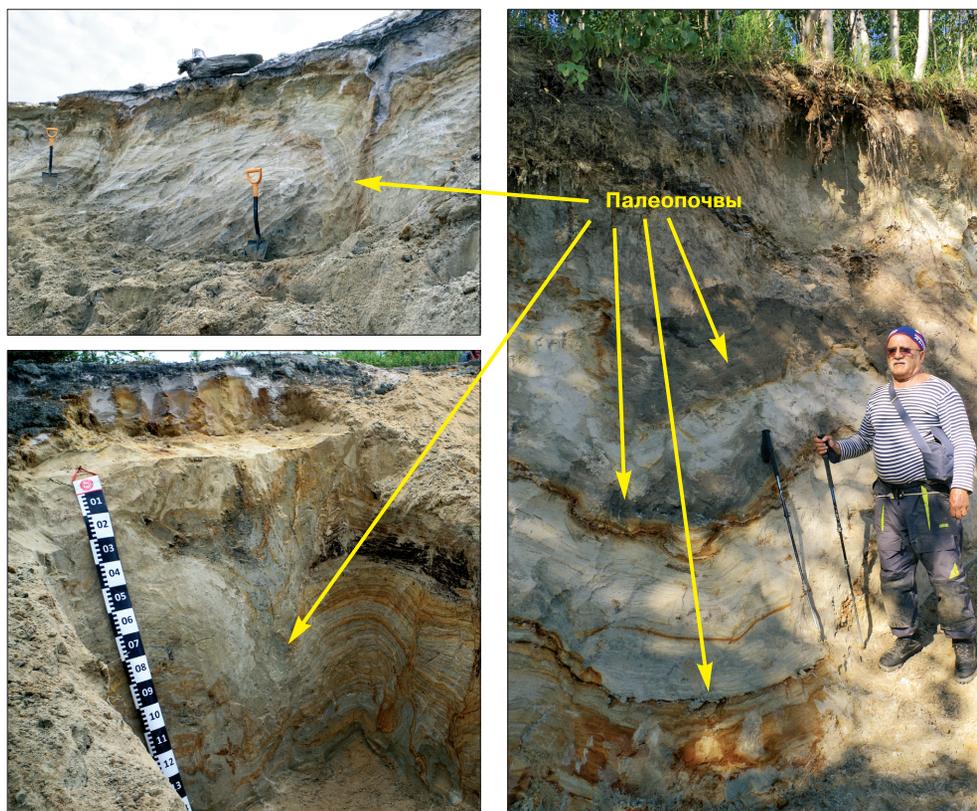


Рис. 2. Различное строение и конфигурация псевдоморфоз по сартанским полигонально-жилым льдам в верхней части 15–20-метровых террас в бассейне р. Надым, окрестности г. Надым.

Фото В.С. Шейнкмана.

впервые описаны как песчаные жилы, вложенные в грубозернистые отложения [Péwé, 1959]. Они развиты при отрицательных в течение года температурах воздуха (при этом среднегодовые температуры воздуха составляют  $-20...-25^{\circ}\text{C}$ ) и многолетнем отсутствии сезонного оттаивания и осадков. Поверхностные слои в таких условиях за счет сублимации иссушаются, будучи не скреплены льдом, выдуваются, и в итоге кровля ММП совпадает с дневной поверхностью [Абрамов и др., 2011; Murton et al., 2000]. Без участия замерзающей воды ПЖС формируются тогда небольшие: по вертикали – 0.3–3 м (1–10 футов), в ширину – 0.08–1.2 м (0.25–4 фута); их рост (0.4–1.6 мм/год) идет за счет сечения их новыми, долго открытыми трещинами глубиной 0.3–0.9 м (1–3 фута) и шириной ~6 мм (0.25 дюйма) до достижения равновесия с сопротивлением вмещающих пород [Péwé, 1959; Black, 1973, 1976]. Переносимый ветром песок заполняет трещины и постепенно цементируется сублимационным льдом [Raffi et al., 2004]. Схожи с ними, но только внешне, лишь отдельные ПЖС Принадымья, которое было ареалом ПЖЛ, по размерам близкие к их современным представителям

в Забайкалье, с которым можно провести и иные параллели. Однако в работе [Зыкина и др., 2017], как дополнительный аргумент для выделения ППЖ в Принадымье, отмечена активность эоловых процессов. Но они обычны не только в холодных пустынях. В обстановках низкотемпературных ММП, в долинах с песчаным констративным аллювием, его ветровое перемещение нередко.

Известны тукуланы Якутии, а в Забайкалье – урочище “Пески”, где в Чарской впадине развит гидрогеогенный (по [Романовский, 1993]) талик, и не скованный льдом песок легко перемещается ветром, образуя дюны. Но в других частях впадины песчаная толща находится в мерзлом состоянии и разбита ПЖЛ [Шейнкман, Мельников, 2014], которые аналогичны по размерам тем, что существовали в сартанское время в Принадымье. Здесь тоже нередки дюны – и захороненные древние, и формируемые сегодня, – перекрывающие современные почвы-подзолы, под которыми ясно просматриваются псевдоморфозы по сартанским ПЖЛ (рис. 3). Но следов выдувания поверхностных слоев до обнажения тела ПЖС, как в Антарктиде, здесь нет – подобное в условиях бывлой тунд-



**Рис. 3. Карьер в 23 км к юго-востоку от аэропорта Надым (65°35' с.ш., 72°96' в.д.).**

*а* – расчистка стенки карьера с сетью псевдоморфоз, перекрытых пойменными осадками и современным подзолом; *б* – перекрестие линий срезанных головок псевдоморфоз на дне карьера; *в* – шурф со срезанной головкой псевдоморфозы по сартанскому полигонально-жильному льду поперек ее протяжения. На заднем плане всех снимков – донья, налегающие на незатронутую поверхность с современным подзолом и на днище карьера. Фото В.С. Шейнкмана.

ры не реально [Стрелецкая и др., 2015; Шполянская, 2015]. Порой наблюдаемая в данной местности открытая сеть ПЖС на поверхности – это результат (как было нами выяснено) среза верхних слоев песка для строительства, что обычно фиксируется вблизи карьеров и дорожных насыпей (см. рис. 3). Головки ПЖС, обнажаемые тогда, немного выпуклы, как более стойкие к денудации, их субстрат скреплен солями, выделенными из талых вод и почв. Добавим, что тонкодисперсные осадки над псевдоморфозами внешне напоминают покровный суглинок, обычно принимаемый за фактор активного эолового воздействия. Но проведенный проф. С.Н. Седовым микроморфологический анализ показал, что это осадки поймы: в них отслежены реликты диатомовых, спикул губок и иных пресноводных организмов, а также микрослоистость с остатками органики вдоль слоев и оглеением. Все эти факторы участия в формировании осадков воды подтверждают генезис ПЖС как псевдоморфоз по ПЖЛ.

Как видим, взятие внешних черт не свойственных Западной Сибири элементарных геосистем и перенесение их на системы более высокого

ранга привело к некорректному выводу о развитии в прошлом региона геосистем, подобных внутриантарктическим. Некорректно также было и перенесение сюда черт покровно-ледниковых КГС [Шейнкман, Мельников, 2014].

Далее отметим ледокаменные потоки, о которых в последнее время идет острая дискуссия в связи с их использованием в качестве индикатора изменений климата. Здесь также проблема в некорректной подстановке параметров одних геосистем на вход систем иного типа и ранга. Движение грунтов и обломочного материала нередко в области ММП, но ледокаменные потоки занимают особое место: формируются они в составе и КГС, и криолитогенных систем, причем в итоге возникают внешне схожие объекты. Ледокаменные потоки – это итог медленного движения включающего лед обломочного материала. Они различаются по происхождению, характеру вовлекаемых в движение обломков и типу включений льда и входят в состав генетически разных систем, поэтому следует тщательно анализировать связываемые с ними обстановки, чтобы не прийти к некорректным оценкам. Это не всегда просто из-за внешней схо-

жести разных объектов: в отношении их мерзлотного генезиса как элементы криолитогенных систем они сомнению не подвергаются; споры возникают, когда, нарушая генетическую иерархию геосистем, потоки мерзлотного происхождения называют каменными глетчерами, приравнивая их тем самым к ледниковым явлениям.

Глетчер – немецкоязычное название ледника. В сочетании *каменный глетчер* оно стало активно применяться в нашей литературе к насыщенным мореной ледникам после публикации данных М.И. Ивероновой [1950]: она привычно применяла термин “глетчер” в значении *ледник*, что часто в то время практиковалось в отечественной науке. Терминологическая комиссия Гляциологической ассоциации РАН позднее рекомендовала термин “глетчер” не употреблять, и отмеченное сочетание стало звучать как *каменный ледник*. Это было зафиксировано в монографии ведущего специалиста в этой области А.П. Горбунова [1988]. Позже он вернулся к термину “каменный глетчер”, считая его удобнее, но подчеркнул, что значение его – *каменный горный ледник* [Горбунов, 2006]. По сути, *камненасыщенные*, или *моренонасыщенные* ледники (так вернее по смыслу) – это объект особых криогенно-гляциальных систем, когда главным остается ледниковый процесс, но со склонов к леднику, при активном снежном питании, поступает много обломочного материала, и формируется медленно движущееся ледокаменное тело, динамика которого определяется исходно снежной составляющей. Основные разработки по этим ледникам получены в Альпах [Barsch, 1996], где они типичны и получили название *rock glacier* (англ.)

или *blockgletscher* (нем.) (рис. 4). Однако, продолжая применять термин “каменный глетчер”, авторы [Лыткин, Галанин, 2016; Дьякова и др., 2017] проявляющую его генетическую суть ледника оставили в стороне и перенесли название на ряд ледокаменных объектов криолитогенных геосистем. Был даже предложен термин “курумо-глетчер” [Романовский, 1993]. Но написанное русскими буквами немецкое название ледника (*gletscher – глетчер*) принципиально некорректно для обозначения элементов криолитогенных систем. Некорректно это и в отношении исходно немерзлых или оттаявших, а затем промерзших, оставленных ледниками морен и лежащих рядом осыпей, которые упомянутые авторы также называют каменными глетчерами. Тем более что перевод на общепринятый в науке английский язык слова “глетчер” дает *glacier* (ледник), а обозначает тогда элементы криолитогенных, а не криогенно-гляциальных систем.

Подчеркнем, что связанный с основным телом ледника погребаемый лед – это часть ледника, а оставляемый при отступании ледника мертвый лед, потерявший способность к пополнению и движению, это уже иной объект – переходная к диамиктону ледонасыщенная морена. Сквозь ее грубый обломочный материал с талыми водами и воздухом легко проникает тепло, и без пополнения ледовой массы даже в условиях сплошной криолитозоны мертвый лед полностью протаивает уже за первые сотни лет [Шейнкман, 2017; Sheinkman, 2011, 2016]. Иной объект представляют и мерзлые осыпи: лежа на склонах, они могут обладать слабым движением, но именовать их немецкоязычным названием элементарной геосистемы



Рис. 4. Моренонасыщенный ледник в верховьях долины р. Флаз, Швейцарские Альпы.

Фото В.С. Шейнкмана.

“ледник” – глетчером некорректно. Тем более некорректно считать, игнорируя генетические отличия, что поскольку мертвый лед – следствие потепления климата, то и все похожие на него ледокаменные тела, называемые каменными глетчерами, относятся к явлениям того же порядка. В результате построение в один ряд объектов генетически разных геосистем, у которых различные закономерности развития, приводит к искаженным оценкам криогенных обстановок.

Если все-таки исследователям где-то удобно применять термин “каменный глетчер”, они не должны забывать, что следует подразумевать под ним *каменный горный ледник* [Горбунов, 2006], или, что более точно, *моренонасыщенный ледник*. Напомним, такие ледники – это элемент КГС, продукт конкретных условий. При усилении абляции и ухудшении питания они тоже превращаются в мертвый лед, который затем протаивает. Принцип соподчинения объектов КГС не нарушают и формируемые в местах скопления снега, сдуваемого со склонов, азональные ледники [Sheinkman, 2016]. Они лежат ниже климатической снеговой линии, нередко среди мерзлых осыпей, и образуют, в том числе, моренонасыщенные ледники. Главное – идентифицировать элементы геосистем, к которым они относятся, строго в соответствии с их генетической принадлежностью.

Еще один пример – перенос параметров криолитогенных геосистем на вообще иные, не криогенные образования, как в [Алексеев, 2012], где черты развития булгуньяхов на аласных равнинах перенесены на объект, известный как Патомский кратер. Этот объект интересен тем, что посреди одного из склонов Патомского нагорья, в однородной на сотни километров горно-таежной местности, вдруг вздымается крупное сооружение диаметром ~80 м и высотой ~40 м из грубообломочного материала. Возраст объекта составляет ~500 лет, версий о его происхождении много, но основных две: падение метеорита и последствия подземного вулканизма [Моисеенко, Язев, 2010]. Патомское нагорье – система среднегорья размером примерно 300 × 300 км на междуречье Лены, Витима и Чары, криогидрогеологический массив, у которого верхние части склонов – трещинно-карстовые водопоглощающие комплексы, а разгрузка подповерхностных вод идет у основания склонов и в долинах с развитием небольших гидролакколитов и наледей [Литвин, 1989]. Здесь осадки незначительны (~400 мм/год) и при среднегодовой температуре воздуха около –5 °С температура ММП не опускается ниже –2 °С, что не позволяет развиваться низкотемпературному криолитогенезу. Даже при максимально допустимом понижении температур в криохроны мерзлотные условия нагорья лишь приблизятся к нынешним в Центральной Якутии, где на аласных равнинах в ре-

зультате многовекового промерзания подошренных таликов сформированы крупные булгуньяхи. Все известные формы такого рода принципиально отличны от Патомского кратера по строению и характеру развития и значительно меньше его. В любом случае, переносить черты систем Центральной Якутии на коренные склоны Патомского нагорья потому, что здесь встречен объект в виде конуса из обломочного материала, и считать его, как в [Алексеев, 2012], гигантским булгуньяхом – некорректно.

Как видим, генетические признаки элементов геосистем, которые объединяют порожденные холодом явления, многогранны. Но благодаря их несходным и неповторяющимся чертам всегда реально выявить наборы тех из них, что будут, несмотря на терминологические и иные противоречия, служить достоверным свидетельством их принадлежности к определенным геосистемам и надежным инструментом оценки криогенных обстановок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории с холодным климатом сосредоточены большие ресурсы биоты и полезных ископаемых, нужда в них ощущается все острее, и это требует повышенного внимания к проявлениям холода. Их изучает наука криология Земли, развитие которой означает расширение информационной базы исследований, совершенствование методологических и мультидисциплинарных подходов и упорядочивание понятийно-терминологического аппарата. Все это позволяет создавать с позиций криоразнообразия и системного подхода новые геосистемные построения, обогащающие наши знания о холоде.

Специфичность различных объектов криосферы сомнения не вызывает, и крайне важно анализировать порожденные холодом явления и как объекты криоразнообразия, и во взаимодействии – как элементы криогенных систем, преодолеваемая, в частности, терминологические противоречия, обусловленные разноплановым развитием ветвей криологии Земли. Следует отметить, что потребовалось несколько десятилетий для накопления новых материалов, чтобы после длительного перерыва насыщенность общенаучного анализа явлений холодного мира вновь стала реальностью. Можно спорить, насколько целесообразно поднимать сегодня подобные вопросы, но необходимость их обсуждения и решения назрела. Это дело, безусловно, полезное и оправданное, так как наука о холодном мире достигла такого рубежа, когда экстенсивное развитие удовлетворить возникающие ее потребности уже не всегда может.

Мы находимся на новом этапе формирования концептуального знания о явлениях холодного мира, необходимого для упорядоченности взгля-

дов в науке о них. Определяя у элементов криогенных геосистем присущие только им генетические признаки, в поле криоразнообразия можно выявить совокупности и соподчиненность закономерно объединенных, порожденных холодом явлений и распознать среди них признаки принадлежности к конкретным геосистемам. Иными словами, взгляд с позиций криоразнообразия и системного подхода на объекты, порожденные холодом, каждый из которых имеет набор несходных и неповторяющихся черт и несет большой объем информации, позволяет систематизировать явления криосферы и создавать надежный инструмент оценки криогенных обстановок. В том числе и в спорных ситуациях, особенно при решении вопросов палеокриологии. Авторы надеются, что освещенные в статье вопросы геосистемных построений и упорядочивания терминологии, а также примеры анализа на этой основе криогенных обстановок прошлого, помогут решению стоящих проблем, в том числе в плане снятия накопившихся противоречий.

*Работа выполнена по госзаданию согласно проекту IX 135.2.2, при поддержке РФФИ (проект № 18-55-11005 АФ т), а также партнерских проектов ТюмНЦ СО РАН, Тюменского индустриального университета и Тюменского государственного университета.*

## Литература

- Абрамов А.А., Слеттен Р.С., Ривкина Е.М., Миронов В.А., Гиличинский Д.А.** Геокриологические условия Антарктиды // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 3, с. 3–19.
- Алексеев С.В.** Криогидрогеологические системы. Формирование понятия и классификация // Криосфера Земли, 2005, т. IX, № 2, с. 85–93.
- Алексеев В.Р.** Криовулканизм и загадка Патомского конуса // Геодинамика и тектонофизика, 2012, № 3 (3), с. 289–307.
- Бергаланфи Л.** Общая теория систем. Критический обзор // Исследования по общей теории систем. М., Прогресс, 1969, с. 23–82.
- Быстров В.Ю., Дудник С.И., Камнев В.М.** Русская религиозная география: опыт историко-философской реконструкции // Социол. обозрение, 2016, т. 15, № 3, с. 150–172.
- Бычихина Л.В.** Теософия как мировоззренческая позиция // Вестн. РАН, 1992, № 6, с. 78–87.
- Втюрин Б.И.** Предисловие: А.Л. Уошборн. Мир холода. Геокриологические исследования. М., Прогресс, 1988, с. 5–10.
- Втюрина Е.А., Втюрин Б.И.** О криосфере, криологии и геокриологии // Материалы гляциол. исслед., 1982, вып. 45, с. 312–328.
- Гасанов Ш.Ш.** Криолитологический анализ. М., Наука, 1981, 196 с.
- Гасанов Ш.Ш.** Синтез криолитологического знания. М., Наука, 1984, 89 с.
- Гляциологический словарь** / Под ред. В.М. Котлякова. Л., Гидрометеоиздат, 1984, 528 с.
- Горбунов А.П.** Каменные ледники. Новосибирск, Наука, 1988, 111 с.
- Горбунов А.П.** Каменные глетчеры Азиатской России // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 1, с. 22–28.
- Дворецкий И.Х.** Древнегреческо-русский словарь. М., ГИИНС, 1958, т. 1, 1043 с.; т. 2, 1904 с.
- Дворецкий И.Х.** Латинско-русский словарь. М., Рус. язык, 1986, 846 с.
- Деревягин А.Ю., Куницкий В.В., Майер Х.** Песчано-ледяные жилы на крайнем севере Якутии // Криосфера Земли, 2007, т. XI, № 1, с. 62–71.
- Дьякова Г.С., Оленченко В.В., Останин О.В.** Применение метода электротомографии для изучения внутреннего строения каменных глетчеров Алтая // Лед и снег, 2017, № 57 (1), с. 69–76.
- Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О. и др.** Строение, криогенные образования и условия формирования верхнечетвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли, 2017, т. XXI, № 6, с. 14–25.
- Иверонова М.И.** Каменные глетчеры Северного Тянь-Шаня // Тр. Ин-та географии АН СССР, 1950, т. 45, с. 69–80.
- Каменский Р.М.** Что мы знаем о вечной мерзлоте // Вестн. РАН, 2007, т. 77, № 2, с. 164–168.
- Котляков В.М.** Толковый двуязычный словарь по географии / В.М. Котляков, А.И. Комарова. М., Диалог культур, 2012, 768 с.
- Крицук Л.Н.** Подземные льды Западной Сибири. М., Науч. мир, 2010, 352 с.
- Литвин В.М.** Региональная инженерно-геологическая оценка экзогенных геологических процессов юга Восточной Сибири: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск, 1989, 21 с.
- Лыткин В.М., Галанин А.А.** Каменные глетчеры хребта Сунтар-Хаята // Лед и снег, 2016, № 56 (4), с. 511–524.
- Мельников В.П.** Криогенные геосистемы: проблемы исследования и моделирования / В.П. Мельников, А.Н. Хименков, А.В. Брушков и др. Новосибирск, Акад. изд-во "Гео", 2010, 390 с.
- Мельников В.П., Геннадиев В.Б., Брушков А.В.** Аспекты криософии: криоразнообразие в природе // Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 2, с. 3–11.
- Моисеенко А.Н.** Загадка Патомского кратера / А.Н. Моисеенко, С.А. Язев. СПб., Питер, 2010, 256 с.
- Романовский Н.Н.** Основы криогенеза литосферы. М., Изд-во Моск. ун-та, 1993, 336 с.
- Словарь общегеографических терминов:** перев. с англ. / Под ред. Л.Д. Стамп. М., Прогресс, 1975, т. 1, 407 с.
- Сочава В.Б.** Введение в учение о геосистемах. Новосибирск, Наука, 1978, 319 с.
- Стрелецкая И.Д., Васильев А.А., Облогов Г.Е., Токарев И.В.** Реконструкция палеоклимата Российской Арктики в позднем неоплейстоцене–голоцене на основе данных по изотопному составу полигонально-жилых льдов // Криосфера Земли, 2015, т. XIX, № 2, с. 98–106.
- Сумгин М.И.** Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. Владивосток, Дальневост. геофиз. обсерватория, 1927, 372 с.
- Толстихин Н.И.** Терминология, предмет, метод, место мерзлотоведения среди других наук // Общее мерзлотоведение / Под ред. П.И. Мельникова. Новосибирск, Наука, 1974, с. 5–14.
- Тютюнов И.А.** Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре (Криогенез). М., Изд-во АН СССР, 1960, 144 с.

**Физическая** энциклопедия. М., Бол. Рос. энцикл., 1998, т. 5, 791 с.

**Шаталкин А.И.** Таксономия. Основания, принципы и практика. М., Тов-во науч. изданий КМК, 2012, 600 с.

**Шейнкман В.С.** Оледенение Сибири и проблема пластовых залежей подземного льда // Лед и снег, 2017, № 57 (4), с. 527–542.

**Шейнкман В.С., Мельников В.П.** Ледники Сибири как компонент криолитогенно-гляциальных геосистем // Криосфера Земли, 2014, т. XVIII, № 2, с. 3–23.

**Шейнкман В.С., Мельников В.П., Седов С.Н., Парначев В.П.** Новые свидетельства внеледникового развития севера Западной Сибири в квартере // Докл. РАН, 2017, т. 477, № 4, с. 480–484.

**Шейнкман В.С., Седов С.Н., Русаков А.В., Мельников В.П.** Криотрасологическая индикация палеопочв // Криосфера Земли, 2019, т. XXIII, № 1, с. 51–62.

**Шполянская Н.А.** Плейстоцен-голоценовая история развития криолитозоны Российской Арктики “глазами” подземных льдов. М.; Ижевск, Ин-т компьют. исслед., 2015, 344 с.

**Шумский П.А.** Основы структурного ледоведения. М., Изд-во АН СССР, 1955, 492 с.

**Шумский П.А.** Что такое ледник? // Материалы гляциол. исслед., 1964, № 9, с. 277.

**Эпштейн М.Н.** Философия возможного. Модальности в мышлении и культуре. СПб., Алетей, 2001, 334 с.

**Barsch D.** Rockglaciers. Berlin, Springer-Verlag, 1996, 331 p.

**Black R.F.** Cryomorphic processes and microrelief features, Victoria Land, Antarctica // Research in polar and alpine geomorphology / B.D. Fahey, R.D. Thompson (Eds.). Univ. East Anglia, 1973, p. 11–24.

**Black R.F.** Periglacial features indicative of permafrost: Ice and soil wedges // Quatern. Res., 1976, vol. 6, p. 3–26.

**Dictionary of Geological Terms / R.L. Bates, J.A. Jackson (Eds.).** New York, Anchor Books, Doubleday, 1984, 571 p.

**Dobrowski A.B.** History of Natural Ice. Warsaw, D-r J. Mianowski's Edition in Warsaw, 1923, 435 p. (in Polish).

**Dyson J.L.** The World of Ice. New York, Knopf, 1962, 292 p.

**Murton J.B., Worsley P., Gozdzik J.** Sand veins and wedges in cold aeolian environments // Quatern. Sci. Rev., 2000, vol. 19, p. 899–922.

**Péwé T.L.** Sand-wedge polygons (tessellations) in the McMurdo Sound region, Antarctica – progress report // Amer. J. Science, 1959, vol. 257, No. 8, p. 545–552.

**Raffi R., Stenni B., Flora O. et al.** Growth processes of an inland Antarctic ice wedge, Mesa Range, northern Victoria Land // Ann. Glaciol., 2004, vol. 39, p. 379–385.

**Sheinkman V.S.** Quaternary Glaciations – Extent and Chronology // Glaciation in the High Mountains of Siberia. Amsterdam, Elsevier, 2011, p. 883–907.

**Sheinkman V.S.** Glaciation of Siberia as viewed from the position of Earth cryology: glaciers as a component of Cryolithozone // Proc. of the Tenth Intern. Conf. on Permafrost. Salekhard, Northern Publisher, 2012, p. 389–394.

**Sheinkman V.S.** Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation // Quatern. Intern., 2016, vol. 420, p. 15–23.

**Washburn A.L.** Geocryology. A Survey of Periglacial Processes and Environments. London, Edward Arnold, 1979, 406 p.

## References

Abramov A.A., Sletten R.S., Rivkina E.M., Mironov V.A., Gilichinsky D.A. Geocryological conditions of Antarctica. Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2011, vol. XV, No. 3, p. 3–19 (in Russian).

Alexeev S.V. Cryohydrogeological systems. The formation of notions and classification. Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2005, vol. IX, No. 2, p. 85–93 (in Russian).

Alekseev V.R. Cryovolcanism and Patom Cone riddle. Geodinamika i Geofizika, 2012, No. 3 (3), p. 289–307 (in Russian).

Bertalanfi L. General theory of systems. Critical review. In: Issledovaniya po obshey teorii sistem [Research in General Theory of Systems]. Moscow, Progress, 1969, p. 23–82 (in Russian).

Bystrov V.Y., Dudnik S.I., Kamnev V.M. Russian religious geosophy: experience of historical-philosophical reconstructions. Sotsiologicheskoe Obozrenie, 2016, vol. 15, No. 3, p. 150–172 (in Russian).

Bychikhina L.V. Theosophy as a world-outlook position. Vestnik RAN, 1992, No. 6, p. 78–87 (in Russian).

Vtyurin B.I. Predislovie [Introduction]. In: A.L. Washburn. Mir kholoda. Geokriologicheskie issledovaniya [A.L. Washburn. World of Cold. Geocryological Research]. Moscow, Progress, 1988, p. 5–10 (in Russian).

Vtyurina E.A., Vtyurin B.I. To the subject of cryosphere, cryology and Geocryology. Materialy Glatciologicheskikh Issledovaniy [Data of Glaciological Studies], 1982, No. 45, p. 312–328 (in Russian).

Gasanov S.S. Kriolitologicheskii analiz [Cryolithological Analysis]. Moscow, Nauka, 1981, 196 p. (in Russian).

Gasanov S.S. Sintez kriolitologicheskogo znanija [Synthesis of Cryolithological Knowledge]. Moscow, Nauka, 1984, 89 p. (in Russian).

Kotlyakov V.M. (Ed.). Gliatsiologicheskii slovar' [Glaciological Dictionary]. Moscow, Gidrometeoizdat, 1984, 528 p. (in Russian).

Gorbunov A.P. Kamennye ledniki [Rock Glaciers]. Novosibirsk, Nauka, 1988, 111 p. (in Russian).

Gorbunov A.P. Rock glaciers of the Asian Russia. Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2006, vol. X, No. 1, p. 22–28 (in Russian).

Dvoretzkiy I.K. Drevnegrechesko-russkiy slovar' [Ancient Greek–Russian Dictionary]. Moscow, GIINS, 1958, vol. 1, 1043 p.; vol. 2, 1904 p. (in Russian).

Dvoretzkiy I.K. Latinsko-russkiy slovar' [Latin–Russian Dictionary]. Moscow, Russkiy yazyk, 1986, 846 p. (in Russian).

Dereviagin A.Yu., Kunitsky V.V., Meyer H. Composite wedges in the North of Yakutia. Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2007, vol. XI, No. 1, p. 62–71 (in Russian).

D'yakova G.S., Olenchenko V.V., Ostanin O.V. Application of electrical tomography to study the internal structure of rock glaciers in Altai. Led i Sneg [Ice and Snow], 2017, No. 57 (1), p. 69–76 (in Russian).

Zykina V.S., Zykin V.S., Volvach A.O. et al. Upper Quaternary deposits of the Nadym Ob area: stratigraphy, cryogenic form, and deposition environments. Earth's Cryosphere, 2017, vol. XXI, No. 6, p. 12–20.

Iveronova M.I. Rock Glaciers of North Tien Shan. Trudy Instituta Geografii AN SSSR, 1950, No. 45, p. 69–80 (in Russian).

Kamenskii R.M. What do we know about permafrost. Vestnik RAN, 2007, vol. 77, No. 2, p. 164–168 (in Russian).

- Kotlyakov V.M., Komarova A.I. *Tolkoviy dvuyazychniy slovar' po geografii* [Explanatory Bilingual Dictionary on Geography]. Moscow, ANO "Dialog kultur", 2012, 768 p. (in Russian).
- Critsuck L.N. *Podzemnie l'di Zapadnoy Sibiri* [Ground ice in Western Siberia]. Moscow, Nauchnyy Mir, 2010, 352 p. (in Russian).
- Litvin V.M. *Regional'naya inzhenerno-geologicheskaya otsenka ekzogennikh geologicheskikh protsessov yuga Vostochnoy Sibiri* [Regional Engineering-geological Estimation of Exogenous Geological Processes in North of Eastern Siberia]. Author's thesis (Geology and Mineralogy). Irkutsk, 1989, 21 p. (in Russian).
- Litkin V.M., Galanin A.A. *Rock glaciers in the Suntar-Khayata Range. Led i Sneg* [Ice and Snow], 2016, No. 56 (4), p. 511–524 (in Russian).
- Melnikov V.P., Khimenkov A.N., Brushkov A.V. et al. *Kriogeniye geosistemy: problemi issledovaniya i modelirovaniya* [Cryogenic Systems: Problems of Researching and Modeling]. Novosibirsk, Academic Publ. House "Geo", 2010, 390 p. (in Russian).
- Melnikov V.P., Gennadinik V.B., Brushkov A.V. *Aspects of Cryoscopy: Cryodiversity in Nature. Kriosfera Zemli* [Earth's Cryosphere], 2013, vol. XXI, No. 6, p. 3–11 (in Russian).
- Moiseenko A.N., Yازهv S.A. *Zagadka Patomskogo kratera* [The Patom Crater Riddle]. St. Petersburg, Piter, 2010, 256 p. (in Russian).
- Romanovskiy N.N. *Osnovi kriogeneza litosferi* [Foundation of Cryogenesis of Lithosphere]. Moscow, Izd-vo Mosk. Un-ta, 1993, 336 p. (in Russian).
- Stamp L.D. (Ed.). *Slovar' obshchegeograficheskikh terminov* [Dictionary of General Geographical Terms]. Moscow, Progress, 1975, 407 p. (in Russian).
- Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [Introduction in the Geosystem Teaching]. Novosibirsk, Nauka, 1978, 319 p. (in Russian).
- Streletskaya I.D., Vasiliev A.A., Oblogov G.E., Tokarev I.V. *Reconstruction of paleoclimate of Russian Arctic in the Late Pleistocene–Holocene on the basis of isotope study of ice wedges. Earth's Cryosphere*, 2015, vol. XIX, No. 2, p. 86–94.
- Sungin M.I. *Vechnaia merzlota pochvi v predelakh SSSR* [Perennial Frozen Condition in Soils in the Boundaries of the USSR]. Vladivostok, Dal'nevostochnaya Geofizicheskaya Observatoriya, 1927, 372 p. (in Russian).
- Tolstikhin N.I. *Terminology, objects, methods and the position of permafrost among other sciences. In: Obshchee merzlotovedenie* [P.I. Melnikov (Ed.). *General Geocryology*]. Novosibirsk, Nauka, 1974, p. 5–14 (in Russian).
- Tyutyunov I.A. *Protsessi izmeneniya i preobrazovaniya pochv i gornikh porod pri otritsatel'noy temperature (Kriogenez)* [Processes of Changes and Transformations in Soil and Rock under Temperatures below Zero (Cryogenesis)]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1960, 144 p. (in Russian).
- Fizicheskaya entsiklopediya* [Physical Encyclopedia]. Moscow, Bolshaya Rossiyskaya Entsiklopediya, 1998, vol. 5, 791 p. (in Russian).
- Shatalkin A.I. *Taksonomiya. Osnovaniya, printsipi i pravila* [Taxonomy. Bases, Principles and Rules]. Moscow, Tovarishestvo nauchnikov izdaniy KMK, 2012, 600 p. (in Russian).
- Sheinkman V.S. *Glaciation of Siberia and the problem of bedded underground ice. Led i Sneg* [Ice and Snow], 2017, No. 57 (4), p. 527–542 (in Russian).
- Sheinkman V.S., Melnikov V.P. *Glaciers in Siberia as components of glacial permafrost systems. Earth's Cryosphere*, 2014, vol. XVIII, No. 2, p. 3–19.
- Sheinkman V.S., Melnikov V.P., Sedov S.N., Parnachev V.P. *New evidence of the nonglaciated development of the northern part of the Western Siberian lowland in the Quaternary period. Doklady Akademii Nauk*, 2017, vol. 477, No. 4, p. 480–484 (in Russian).
- Sheinkman V.S., Sedov S.N., Rusakov A.V., Melnikov V.P. *Evidence of permafrost in paleosols: cryotraceological approach. Earth's Cryosphere*, 2019, vol. XXIII, No. 1, p. 45–53.
- Shpolyanskaya N.A. *Pleistotsen-golotsenovaya istoriya razvitiya kriolitozoni Rossiyskoy Arktiki "glazami" podzemnykh l'dov* [Pleistocene-Holocene History of Permafrost Development in Russian Arctic by "eyes" of Ground Ice]. Moscow, Izhevsk, Institut Komp'uternykh Issledovaniy, 2015, 344 p. (in Russian).
- Shumskiy P.A. *Osnovi strukturnogo ledovedeniya* [Foundation of Structural Ice Studies]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1955, 492 p. (in Russian).
- Shumskiy P.A. *What is the glacier? Materialy Glyaciologicheskikh Issledovaniy* [Data of Glaciological Studies], 1964, No. 9, p. 277 (in Russian).
- Epshtein M.N. *Filosofiya vozmozhnogo. Modal'nosti v mishlenii i culture* [Philosophy of the Possible. Modalities in Thought and Culture]. St. Petersburg, Aleteia, 2001, 334 p. (in Russian).
- Barsch D. *Rockglaciers*. Berlin, Springer Verlag, 1996, 331 p.
- Black R.F. *Cryomorphic processes and microrelief features, Victoria Land, Antarctica. In: Research in polar and alpine geomorphology* / B.D. Fahey, R.D. Thompson (Eds.). Univ. East Anglia, 1973, p. 11–24.
- Black R.F. *Periglacial features indicative of permafrost: Ice and soil wedges. Quatern. Res.*, 1976, vol. 6, p. 3–26.
- Dictionary of Geological Terms* / R.L. Bates, J.A. Jackson (Eds.). New York, Anchor Books, Doubleday, 1984, 571 p.
- Dobrowolski A.B. *History of Natural Ice*. Warsaw, D-r J. Mianowski's Edition in Warsaw, 1923, 435 p. (in Polish).
- Dyson J.L. *The World of Ice*. New York, Knopf, 1962, 292 p.
- Murton J.B., Worsley P., Gozdzik J. *Sand veins and wedges in cold aeolian environments. Quatern. Sci. Review*, 2000, vol. 19, p. 899–922.
- Péwé T.L. *Sand-wedge polygons (tessellations) in the McMurdo Sound region, Antarctica – progress report. Amer. J. Science*, 1959, vol. 257, No. 8, p. 545–552.
- Raffi R., Stenni B., Flora O. et al. *Growth processes of an inland Antarctic ice wedge, Mesa Range, northern Victoria Land. Ann. Glaciol.*, 2004, vol. 39, p. 379–385.
- Sheinkman V.S. *Quaternary Glaciations – Extent and chronology // Glaciation in the High Mountains of Siberia*. Amsterdam, Elsevier, 2011, p. 883–907.
- Sheinkman V.S. *Glaciation of Siberia as viewed from the position of Earth cryology: glaciers as a component of Cryolithozone. In: Proc. of the Tenth Intern. Conf. on Permafrost*. Salekhard, Northern Publisher, 2012, p. 389–394.
- Sheinkman V.S. *Quaternary glaciation in North-Western Siberia – New evidence and interpretation. Quatern. Intern.*, 2016, vol. 420, p. 15–23.
- Washburn A.L. *Geocryology. A Survey of Periglacial Processes and Environments*. London, Edward Arnold, 1979, 406 p.

*Поступила в редакцию 7 февраля 2016 г.,  
после доработки – 13 июня 2019 г.,  
принята к публикации 17 июня 2019 г.*