

К РАЗВИТИЮ ХОЛИСТИЧЕСКОГО ОБРАЗА КРИОСФЕРЫ

В. П. Мельников

Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН, Отдел методологии междисциплинарных исследований криосферы Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН, Тюменский государственный университет, АНО «Губернская академия» (Тюмень, Российская Федерация)

А. В. Брушков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (Москва, Российская Федерация), Тюменский государственный университет (Тюмень, Российская Федерация)

Р. Ю. Федоров

Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН, Отдел методологии междисциплинарных исследований криосферы Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (Тюмень, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 22 января 2021 г.

Для XX в., в течение которого складывалась криология, была типичной ситуация разрыва между естественными науками и философией. В начале XXI столетия бурный рост знаний и нарастающая внутрипредметная дифференциация привели к необходимости формирования холистического образа криосферы Земли. Развитие этого подхода способствует порождению в научной картине мира новых контекстов осмысления роли холода в многообразии природных процессов и явлений. К ним можно отнести такие новые понятия, как криогенные ресурсы, криологическое время, криоразнообразие, криодетерминизм, а также новейшие направления криологии — криотрасологию, криогетеротопию и др.

Ключевые слова: криосфера, криология, криософия, научная картина мира, холистический подход.

Введение

В этом году криологическое сообщество приближается сразу к нескольким юбилеям. Свое тридцатилетие отмечает созданный в 1991 г. в Тюмени Институт криосферы Земли Сибирского отделения РАН, двадцать пять лет назад увидел свет первый выпуск журнала «Криосфера Земли», а всего через несколько лет будет отмечаться столетие со дня появления самого термина «криосфера», введенного в 1923 г. А. Б. Добровольским [1]. Все эти даты становятся поводом для того, чтобы задуматься о новом понимании мира холода и перспективах его изучения.

Криосфера Земли — не ровесница нашей планеты. Она значительно моложе. Но ее появление и развитие стало основой жизни на Земле, защищающей от вредного воздействия определенного спектра солнечного и галактического излучения и создав-

шей комфортные условия для биосферы и ее главного произведения — *Homo sapiens*. Если мы не познаем в деталях взаимодействия криосферы с остальными элементами планеты, так и останемся в неведении относительно вектора эволюции и задумок природы о ее жизненных циклах. В криосфере заложены источники усиления и ослабления многих природных явлений и процессов. Сегодня особенно важно обратить внимание на аномальные криогенные процессы, которые становятся причинами резких изменений климата. Для понимания природы и взаимосвязей этих процессов необходимо фило-софское осмысление криосферы.

Эта потребность обусловлена общей для современной науки тенденцией, когда взрывной прирост знаний и нарастающая внутрипредметная дифференциация в естественнонаучных дисциплинах привели к необходимости состыковать разрозненные представления о реальности и воссоздать на новой

основе целостную системную картину функционирования холодной оболочки. В связи с этой ситуацией сегодня можно наблюдать все больше примеров того, как естественные науки придают все большую важность философским основаниям своей методологии [2—7] и др. В 2019 г. широкий резонанс вызвала статья под названием «Почему наука нуждается в философии» [8]. Ее авторы на примере современных междисциплинарных исследований отмечали, что в них философские подходы имели решающее значение в формулировке и критической оценке научных гипотез, а также в развитии диалога между представителями разных научных дисциплин, объединенных общей исследовательской задачей. Разделяя данный подход, мы глубоко убеждены в том, что только благодаря созданию философских оснований целостного научного образа криосферы возможно осмысление роли холодного мира в эволюции вещественно-энергетических взаимодействий в атмосфере, литосфере и гляциосфере, возникновении и эволюции биосферы Земли.

Расширение познавательных границ криологии

Вводя в научный оборот понятие «криосфера», А. Б. Добровольский подразумевал под ней ледяную оболочку земного шара, которая вступает во взаимодействия с гидросферой, литосферой и атмосферой. При этом в качестве объекта криологии рассматривалась вода в твердом состоянии в природе [9]. Таким образом, первоначально понятие «криосфера» имело достаточно узкий смысл, являясь скорее метафорой, потому что на тот момент в науке еще не сложилось осознание всей целостности холодной оболочки Земли. За последние 100 лет развития научного познания появившиеся новые качественные возможности изучения физико-химических свойств холодной материи на Земле и в космосе способствовали существенному углублению знаний о холодных явлениях. В соответствии с ними современная криология исследует физические и химические преобразования активных легких элементов — воды H_2O , углекислого газа CO_2 , метана CH_4 , азота N_2 , аммиака NH_3 и др., образующихся на ранних стадиях эволюции звезд при температурах вблизи их точки фазовых переходов, а также природные тела и явления, возникающие при низких температурах на Земле и в космосе.

Можно выделить несколько научных направлений криологии, например планетологическое — криология Земли, криология Марса. Выделяется также группа объектных наук — мерзлотоведение, гляциология, криогидрология (ледоведение), криогидрогеология (изучение подземных вод в криолитозоне), криопедология (наука о мерзлых почвах), криоэкология (наука, изучающая взаимоотношения живой и неживой природы при низких температурах), криобиология, криомедицина, крионика. Можно выделить динамическую криологию, изучающую про-

исходящие при фазовом переходе процессы, историческую криологию, региональную, изучающую особенности проявлений процессов в пространстве, а также теоретическую и прикладную криологию. Можно также говорить об инженерной криологии, о криоинформатике — науке о методах и процессах сбора, хранения, обработки, передачи, анализа и оценки криологической информации, обеспечивающих возможность ее использования для принятия решений. Развитие всех этих направлений, их общего фундамента во многом будет зависеть от понимания роли философского учения о холоде, о криосфере — криософии, одного из компонентов философии науки.

Льды как природно-исторические образования не являются достоянием только планеты Земля. Они в той или иной степени развиты на планетах Солнечной системы, а Уран и Нептун называют ледяными гигантами. Известны и проявления полигонального рельефа в высоких и средних широтах планеты. Ядра комет представляют собой тела из смеси льдов с частицами метеорного вещества. Есть мнение, что Земля сформировалась в «теплой» части протопланетного диска, где не было органических молекул и воды из-за сильного ультрафиолетового излучения Солнца. Поэтому вероятно, что вода была принесена на Землю в основном именно кометами, а жизнь возникла впоследствии на поверхности планеты или была занесена вместе с водой.

Открытие разнообразия вземных криогенных объектов, а также большого диапазона масштабов и скоростей криогенных процессов обогащает представления о холоде. Свойства различных льдов можно обобщить в модели многофункциональной системы с шестью основными компонентами, нанесенными на графики в масштабах пространства (лед как физическая система и природный материал), энергии (лед как физико-химическая система и фазовое состояние) и времени (лед как система информации и управления). Концепция криоразнообразия охватывает множество биотических и абиотических систем, таких как снег, град и мерзлые породы, кометы, криофильные бактерии, обитающие в вечной мерзлоте, атмосферные осадки, гидраты газа и ледяные вулканы.

Можно считать основным процессом, который изучает криология, именно фазовый переход. Фазовый переход в термодинамике — переход вещества из одной термодинамической фазы в другую при изменении внешних условий. С точки зрения движения системы по фазовой диаграмме при изменении ее основных параметров (температуры и давления) фазовый переход происходит, когда система пересекает линию, разделяющую фазы. Фазовый переход не обязательно связан с изменением агрегатного состояния. Но изменение агрегатного состояния всегда представляет собой фазовый переход. Фазовые переходы происходят при изменении не только температуры, но и давления, а также в случае по-

вышения или понижения концентрации компонентов, в частности солей в воде. Нет сомнений, что существует определенное единство всех явлений фазовых переходов от замерзания воды, являющегося одним из основных явлений, изучаемых криологией, до фазовых переходов при высоких энергиях, что определяет перспективы развития современной науки.

На пути к холистическому образу криосферы

Для XX в., на протяжении которого складывалась криология, естественные науки и философия, как правило, шли своими путями [10]. Хотя в СССР на фоне становившейся все более очевидной ограниченности методологических возможностей марксизма-ленинизма с 1960-х годов предпринимались попытки развития различных направлений философии науки, они не затронули отечественную криологию. Лишь в начале XXI в. на волне роста общественного интереса к мировым климатическим и экологическим проблемам, а также развития глобальных систем мониторинга природных явлений возникли предпосылки к осознанию того, что дальнейшее развитие науки о холоде станет успешней с приданием ей концептуальных основ, опирающихся на современные теоретико-методологические положения философского учения о природе. Последние, по мнению А. П. Огурцова, представляют собой «область рефлексивного и критического анализа онтологических и объяснительных схем естествознания» [11, с. 342]. При этом она направлена на «...осмысление не просто предметного содержания понятий естественных наук, но и метафизических (онтологических) схем естествознания. Природа в таком случае предстает как трансцендентальная идея, первая функция которой заключается в том, чтобы обуславливать возможность эмпирического и теоретического знания о предметах, задавать формы систематического единства знания, понимаемого как проективное и проблемное, а не дисциплинарное единство» [11, с. 342].

Недавние исследования психологов указывают на то, что на базе разных культурных практик возникают отличные друг от друга системы мышления. Например, для народов Восточной Азии характерно мышление холистического типа, в котором человек принимает во внимание целостное поле, которому приписываются причины тех или иных событий. В западной культуре доминирует аналитический тип мышления, при котором люди преимущественно сосредоточены на конкретном объекте, для понимания свойств и поведения которого принято опираться на законы формальной логики [12, с. 55]. Для западной науки холизм на протяжении столетий выступал в роли труднодостижимого идеала целостности научного познания. В эпоху Нового времени попытки развития холистических подходов были призваны противостоять господствовавшему тогда

механицизму и редукционизму, что нашло отражение в концепциях, объясняющих причинно-следственные связи между отдельными географическими явлениями и созданных в конце XVIII — первой половине XIX в. И. Кантом, А. Гумбольдтом, К. Риттером и рядом других выдающихся мыслителей того времени. В начале XX в. идеи холизма были последовательно сформулированы в трудах Я. Смэтса [13]. В этот период развитие концептуальных основ холистического подхода, нашедшее в прямом или косвенном виде отражение в трудах таких ученых, как А. А. Богданов, Н. А. Белов, Т. Котарбинский и др., заложило основу для формирования теории систем, оказавшей решающее влияние на становление новой научной картины мира во второй половине XX — начале XXI в. [14]. Однако в этот революционный для развития науки период в изучении криосферы продолжало доминировать не холистическое, а аналитическое познание.

Дифференциация науки в XX в. коснулась и наук о Земле, в числе которых оказались гляциология, физика атмосферы и мерзлотоведение. Это те науки в перечне фундаментальных наук о Земле, которые разделили между собой холодную оболочку планеты, или криосферу Земли, на приповерхностную часть — гляциосферу, надповерхностную — атмосферу и подповерхностную — криолитосферу. Замедлилось изучение цельного объекта, а он ни много ни мало представляет собой приблизительно стокилометровую сферу вокруг всей планеты. Атмосферная составляющая — наиболее долгоживущая вокруг всей Земли, а приповерхностная и подповерхностная части занимают часть континентов и океанов, то увеличиваясь, то полностью исчезая в почти пятиллиардной истории Земли, то превращая (одна из концепций) ее в ледяной шар наподобие Урана или Нептуна.

Длительный этап становления институтов в борьбе за место под солнцем привел к серьезному развитию знаний об объектах исследований, но в то же время не создал глубокого общего понимания друг друга, оставляя как бы на втором месте общее и цельное природное образование под названием криосфера Земли. Однако сегодня при рассмотрении криосферы с позиций постнеклассической науки в качестве сложной саморазвивающейся системы становится все более очевидно, что обращение к цельному образу объекта исследования всегда дает больше возможностей увидеть его основополагающие смыслы, которые невозможно понять с точки зрения узкоспециальных подходов, подразумевающих рассмотрение лишь ее отдельных частей.

В своих работах В. С. Степин трактовал широко используемое им понятие «научная картина мира» в качестве специфической формы систематизации научного знания, включая построение онтологических моделей систем определенных объектов, процессов и явлений [15, с. 15—16]. При этом он подчеркивал, что фундаментальные науки постоянно

выходят за рамки привычных представлений о мире, периодически конфликтуя с бытовыми стереотипами, сложившимися в обыденном сознании, которое вынуждено постоянно перестраивать свои образы мира под влиянием новых научных знаний [15, с. 9]. Говоря о смысле понятия «научная картина мира», В. С. Степин подчеркивал, что «следует различать категорию “мир” в его философском значении, когда речь идет о мире в целом, и те понятия мира, которые складываются и используются в конкретных науках, когда речь идет, скажем, о “мире физики”, “мире биологии”, “мире астрономии” и т. д., т. е. о той реальности, которая составляет предмет исследования соответствующей конкретно-научной дисциплины» [15, с. 12].

В логике развития науки, изучающей мир холода, можно выделить три уровня познания. Мерзлотоведение (знания о мерзлоте) можно соотнести с начальным уровнем познания объекта исследований, связанного с развитием описательных подходов, характеризующих его физические свойства, географию распространения и т. д. Понятие «криология» подразумевает более сложный уровень организации знаний, включающий в себя осмысление закономерностей явлений, связанных с холодом. Философ М. Н. Эпштейн отмечал, что «логийные науки» («логики») изучают определенный предмет внутри его собственных рамок. В отличие от них «софийные дисциплины», «софии» соотносят предмет своего изучения с целостным знанием, общими представлениями о мироздании» [16, с. 208]. В этом плане криософию можно рассматривать в качестве метапредставлений, задача которых состоит в межпредметной интеграции знаний о холоде и построении на ее основе концептуальных моделей, приближающих нас к холистическому образу криосферы [17—19]. Для достижения этой цели чрезвычайно важно осмыслить современные ориентиры развития науки о холоде и произвести ревизию ее методологических основ.

Новые понятия, определяющие научную картину мира холода

Разработка познавательных принципов криософии способствовала как ревизии и уточнению устоявшихся, так и возникновению новых ключевых понятий, определяющих научную картину мира холода.

Холод как универсалия. Попытки осмысления физических свойств холода можно проследить еще в трудах Парменида, Гераклита, Анаксимандра, Анаксимена, Эмпедокла, Аристотеля, Платона, Демокрита, Плутарха и ряда других древнегреческих философов [20]. Однако, как это ни покажется парадоксальным, в современной научной рефлексии до сих пор отсутствует ясность критериев понятия «холод». Об этом свидетельствует ряд стереотипных представлений о холоде, которые сложились не только в науке, но и в повседневном мировосприятии. К ним можно отнести суждение о том, что хо-

лод является лишь отсутствием тепла. В «Толковом словаре живого великорусского языка» В. И. Даля слово «холод» в первую очередь определяется как «сравнительное отсутствие тепла, стужа, стыдь; низкая степень тепла, в коей человек зябнет» [21, с. 575]. Схожее определение холода дано и в «Толковом словаре русского языка» С. И. Ожегова и Н. Ю. Шведовой — «лишенное тепла, холодное состояние чего-нибудь» [22, с. 866]. Однако еще Плутарх настаивал на том, что холод нельзя объяснить лишь как банальное отсутствие тепла, мотивируя это тем, что холоду не в меньшей степени, чем теплу, свойственно вызывать в веществах различные процессы и изменения [23, с. 95].

Ко второму противоречивому стереотипу можно отнести представление о том, что главным определяющим свойством криогенных объектов и процессов является их температура ниже нуля градусов по Цельсию. Научные открытия второй половины XX — начала XXI в. все больше указывают на некорректность этого критерия. Например, отдельные виды льда, выявленного в небесных телах Солнечной системы, в зависимости от своего химического состава, гравитации и внешнего давления могут образовываться при положительных температурах [24, с. 22].

Помимо объективных подходов к определению понятия «холод», связанных с наличием качественных скачков в состоянии исследуемых систем, определяемых фазовыми превращениями, существуют антропоцентрические аспекты его восприятия. Критерии определения холода в разных местностях, этнических культурах и бытовых ситуациях имеют высокую степень относительности. Например, там, где среда жизнедеятельности человека отличается низкой отрицательной температурой, даже ее небольшие абсолютные значения будут считаться признаком тепла, тогда как обитатели тропиков уже при 10°C назовут среду холодной.

Приведенные выше примеры свидетельствуют, что с точки зрения криософии холод можно рассматривать в качестве своеобразной универсалии. В соответствии с этим подходом холод является абстрактным универсальным признаком, объединяющим конкретные природные явления со свойствами, определяющими их агрегатное и энергетическое состояние.

Криологическое время¹. В XVIII в. под влиянием открытий Исаака Ньютона время стало объектом исследования физики. Признание физического времени по сути дела стало шагом к признанию мно-

¹ М. И. Сумгин в работе «Вечная мерзлота почвы в пределах СССР» (1927) приводит частный пример криологического времени — «мамонтовое время — как высшая, предельная граница непрерывного существования мерзлоты». Это название появилось после обнаружения практически нетленного трупа мамонта, пролежавшего в мерзлоте десятки тысяч лет.

жественности специфических времен, изучаемых конкретными науками и не сводимых друг к другу. Сегодня в научном лексиконе глубоко укоренились и уже ни у кого не вызывают удивления такие понятия, как физическое, космологическое, геологическое, географическое, биологическое, социальное время и др.

Разные криогенные явления и процессы обладают своими временными закономерностями и масштабами, которые можно в обобщенном виде назвать криологическим временем. При этом осмысление места криосферы в научной картине мира во многом раскрывается через корреляции между криологическим, геологическим и биологическим временем. Рассмотрим подробнее сущностные характеристики и связи этих понятий.

Обосновывая понятия геологического и биологического времени, В. И. Вернадский отмечал, что «...процессы в живом веществе идут резко по-иному, чем в косной материи, если их рассматривать в аспекте времени. В живом веществе они идут в масштабе исторического времени, в косном — в масштабе геологического времени, “секунда” которого много меньше декамириады, ста тысяч лет исторического времени» [25, с. 25]. Сегодня можно говорить о том, что в отличие от геологического времени криологическое время определяет абсолютное состояние субстанций в течение времени существования Вселенной (14 миллиардов лет). При этом холод является созидателем наибольшего разнообразия явлений природы с временем жизни от наносекунд до возраста Вселенной, временные закономерности протекания которых имеют как линейную, так и циклическую направленность.

В криологии четкая периодичность определяется астрономическими факторами. Это относительно быстрые процессы с периодичностью от 100 000 до 10 000 лет, так называемые циклы Миланковича, являющиеся следствием особенностей орбиты Земли. Наиболее заметное влияние на климат и состояние криосферы циклы Миланковича оказывают в периоды, когда сонаправленные стадии разных процессов накладываются друг на друга. Более высокочастотные колебания оказывают, как правило, и более существенное влияние на криосферу. 11-летние колебания солнечной активности определяют заметные колебания микроклимата. Максимальные годовые и суточные перепады температур, видимо, определяют предельные приемлемые для биосферы градиенты и скорости процессов изменения температур, определяют устойчивость и антихрупкость жизни.

Эволюция вещества и энергии во Вселенной определяется всем диапазоном температур от положительных значений (при наличии давления) до абсолютного нуля. Через 5 млрд лет Солнце израсходует свое топливо, сожмется до размеров Земли. Кончится геологическое время планеты, которая скорее всего сгорит в еще растущем Солнце. Криологическое время, исчезнув, видимо, вместе с нашей

Вселенной, значительно позже перейдет в другую форму и в другой мир.

Сложность и многомерность криологического времени в некоторых ситуациях помогает связать воедино в научной картине мира масштабы и динамику геологического и биологического времени. Как известно, геологическое время с трудом воспринимается сознанием человека, которое функционирует по В. И. Вернадскому в соответствии с биологическим временем. В этом плане интерес общества к проблеме так называемого глобального потепления стал косвенной причиной того, что криологическое время стало своеобразным мостиком между геологическим и биологическим временем благодаря тому, что человек начал ощущать динамику планеты через доступную для его восприятия динамику явлений криосферы Земли.

Криогетеротопия. Пространственные закономерности динамики криогенных процессов и явлений нашли отражение в криогетеротопии. Введенное в научный оборот философом М. Фуко понятие «гетеротопия» первоначально использовалось в гуманитарных исследованиях [26], однако его общенаучные принципы оказались эвристически продуктивными и для естественных наук. В основе понятия «криогетеротопия», предложенном В. П. Мельниковым, лежит «анализ типичности, атипичности и утопичности местоположения объектов, объединяемых криогенной системой в определенном пространстве» [27, с. 82].

Наглядными примерами процессов, изучаемых криогетеротопией, является сход с горных вершин снежных лавин, движение айсбергов, а также весенний ледоход. Многие крупные оледенения, произошедшие на Земле, на протяжении столетий совершали движение на юг, оставляя масштабные криогенные следы. Криогетеротопия имеет большое фундаментальное и прикладное значение для изучения пространственных закономерностей криогенных процессов во Вселенной, включая перенос льда на другие небесные тела астероидами и кометами (космическими айсбергами). Инструментальные возможности криогетеротопии позволяют выявить наиболее вероятный ход криогенеза, что крайне важно для его прогноза.

Криодетерминизм. Детерминизмом в философии обычно называют учение о взаимосвязи и взаимной определенности всех явлений и процессов. Применительно к криосфере можно говорить о значительной обусловленности природных, антропогенных и социальных процессов холодом. При понижении температуры преобразуются и появляются новые физико-географические процессы — пучение, термокарст, термоэрозия и др. Освоение новых территорий в области развития вечной мерзлоты требует иных способов и технологий строительства, эксплуатации зданий и инженерных сооружений. Процессы преобразования растительности, почв, развития антропогенного нарушения и загрязнения

территорий определяются фазовыми переходами воды и изменением состояния грунтов. Экономические и социальные процессы, а также культура людей также оказываются зависящими от климатических и геокриологических условий и испытывают на себе значительное давление холода. Примером криодетерминизма, вероятно, может быть и само появление жизни. В последние годы показано, что завершение химической эволюции требует в том числе условий замерзания. Циклы замораживания и оттаивания могут приводить к образованию основного генетического материала — молекул РНК и ДНК. Недавно обнаружено, что крупные молекулы РНК — простой формы ДНК — собираются сами при многократном замораживании при -9°C и оттаивании до 37°C [28]. При замораживании раствор HCN должен быть достаточно концентрированным для полимеризации, а само замерзание возможно, если на Земле были холодные условия [29]. Ранее было показано, что охлаждение раствора HCN до температуры ниже 0°C приводит к образованию аденина и аминокислот [30; 31]. Такое замерзание, возможно, происходило не в самом первобытном океане, а на мелководье или в локализованных водоемах.

Криотрасология — направление криологии, изучающее историю Земли по следам, оставленным различными криогенными объектами и процессами, включая взаимодействия льда с абиогенными и биогенными компонентами среды. Сферы ее фундаментального и прикладного применения чрезвычайно широки. Сегодня они нашли применение в криотрасологической индикации оледенений и палеопочв, давая возможность более точно реконструировать не только динамику криологической обстановки, но и изменения климата и ландшафтов, которые происходили на Земле в разные геологические эпохи [32]. Мерзлота также является уникальным источником информации для исследований в области палеонтологии и археологии [33].

Криоразнообразие. Расширение исследуемых современной наукой горизонтов мира холода способствовало введению в научный оборот понятия «криоразнообразие», под которым подразумевается бесчисленное множество микро- и макрообъектов, процессов и условий, обязанных своим происхождением холоду небесных тел и космоса. Криоразнообразие холодных процессов, явлений и объектов не идет в сравнение ни с каким другим разнообразием в природе. Холодные явления Земли — это лишь малая толика всеобъемлющего масштаба холодных явлений космоса. Поэтому человеческое сознание не в состоянии представить всего криоразнообразия во Вселенной.

Криогенные ресурсы. На заре становления криологии холод и мерзлота, как правило, рассматривались в качестве дискомфортных для человека природных начал [34]. Благодаря смене аксиологической парадигмы восприятия холода, произошедшей на рубеже XX и XXI столетий в результате роста

внимания науки и общества к глобальным экологическим проблемам нашей планеты, холод сегодня начал восприниматься не как враждебная человеку сила природы, а как источник криогенных ресурсов, которые имеют колоссальное значение для устойчивого развития растущего человечества. Под понятием «криогенные ресурсы» мы подразумеваем природные ресурсы, созданные криогенными процессами, условиями и образованиями, оказывающие благотворное воздействие на жизнеобеспечение человека, являющиеся факторами климатообразования, регуляторами сохранности и качества водных ресурсов и информации о геологическом прошлом.

Наиболее важным и в то же время наименее очевидным для большинства людей является средообразующее значение криогенных ресурсов. Оно связано с функциями льда, снега, мерзлоты и холода в целом, которые обеспечивают полноценную жизнедеятельность человека, а также животного и растительного мира. Криолитозона (мерзлота и ледяные льды) — это средообразующий компонент значительной части территориального ресурса, который является одним из важнейших регуляторов состояния ландшафтов. Ярким примером глобального масштабного воздействия гляциосферы является Антарктида, криогенные процессы на территории которой влияют на уровень Мирового океана и климат планеты. Можно выделить криогенные ресурсы, формирующие локальную среду жизнедеятельности человека. Примером этого является использование в традиционной культуре жизнеобеспечения народов, населяющих умеренные и арктические широты, снега, льда и мерзлоты в качестве элементов ландшафта, по которым осуществляется транспортное сообщение, естественного консерванта пищи, источника влаги, строительного материала, средства гигиены и т. д. [35].

Еще одной, пока мало изученной гранью ресурсного значения криосферы являются ее биопротекторные свойства. Ярким примером этого служат бактерии, сохраняющие жизнеспособность в мерзлоте на протяжении тысяч и даже миллионов лет, в биологических особенностях которых может крыться разгадка увеличения продолжительности жизни человека. Общее замедление биологических процессов в этих бактериях связано с отсутствием многих типичных для обычной среды воздействий: высокой диэлектрической и магнитная восприимчивости льда гасят электромагнитные поля, жесткость паритует механические воздействия, низкая проницаемость уменьшает перенос вещества в толще льда, большая теплоемкость и аномальная теплота плавления гасят температурные колебания. Таким образом, объект полноценно вступает с окружающим миром только в самое слабое — гравитационное взаимодействие [36].

Холод следует рассматривать в качестве системообразующего ресурса не только земного, но и вселенского масштаба. Он существует с момента

зарождения Вселенной, являясь созидательной силой, которая способна организовывать и упорядочивать материю, начиная с атомарной величины (элементарных частиц), активно формируя физическую структуру многих небесных тел. Эту ситуацию красноречиво подтверждает тот факт, что H₂O во Вселенной преимущественно существует в форме льда, а не воды. Исходя из этого, знаменитое изречение Фалеса Милетского сегодня можно перефразировать так: «Все рождается из льда и в лед превращается».

Заключение

Применение холистического подхода к изучению криосферы способствует порождению в научной картине мира новых контекстов осмысления роли холода в многообразии физических явлений в космосе, а также в возникновении и поддержании жизни на Земле. Поэтому в соответствии с логикой развития этого подхода круг новых научных направлений с приставкой «крио» будет непременно расширяться и не только в науках о Земле. В частности, сегодня можно говорить о перспективах создания таких отраслей наук, как криометеорология, криоклиматология, криоантропология и др. Параллельно с познанием и освоением человеком космоса будут возникать новые направления криологии, призванные стать основой научной рефлексии открывающихся человеку новых, пока еще неизведанных горизонтов криоразнообразия.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН № 121042000078-9 «Разработка методологических основ для междисциплинарных исследований роли криосферы в эволюции вещественно-энергетических взаимодействий на поверхности Земли, механизмах жизнеобеспечения в биосфере и экологических аспектах жизнедеятельности человека» и при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-55-71004 «Открытие городские пространства как фактор обеспечения устойчивого развития в Арктике в условиях климатических изменений».

Литература/References

1. *Dobrowolski A. B.* Historia naturalna lodu. Warszawa, Wyd. Kasy pomocy dla osób pracujących na polu naukowym imienia d-ra J. Mianowskiego, 1923, 940 p.
2. *Philosophy of Chemistry: Synthesis of a New Discipline.* D. Baird, E. Scerri, L. McIntyre (eds.). [S. l.], Springer, 2006, 375 p.
3. *Byron J.* Whence Philosophy of Biology? *British J. for the Philosophy of Science*, 2007, vol. 58, pp. 409—422.
4. *Frodeman R.* Geo-Logic: Breaking Ground between Philosophy and the Earth Sciences. N.Y., State Univ. of New York Press, 2003, 196 p.
5. *Garvey M.* *Philosophy of Biology.* Stocksfield, Acumen Publ. Ltd., 2007, 274 p.

6. *Inkpen R., Wilson G.* *Science, Philosophy and Physical Geography.* N.Y., Routledge, 2013, 238 p.
7. *Rovelli C.* *Physics needs Philosophy. Philosophy needs Physics.* *Foundations of Physics*, 2018, vol. 48, no. 5, pp. 481—491.
8. *Laplane L. et al.* *Why science needs philosophy.* *Proc. of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2019, vol. 116, no. 10, pp. 3948—3952.
9. *Barry R. G., Jania J., Birkenmajer K. A. B.* *Dobrowolski — the first cryospheric scientist — and the subsequent development of cryospheric science.* *History of Geo- and Space Sciences*, 2011, no. 2, pp. 75—79. Available at: <https://doi.org/10.5194/hgss-2-75-2011>.
10. *Frank P.* *Philosophy of Science: The Link Between Science and Philosophy.* Westport, Greenwood press, 1957, 294 p.
11. *Огурцов А. П.* От натурфилософии к философии природы // *Личность. Культура. Общество.* — 2004. — № 1 (21). — С. 341—365.
12. *Ogurtsov A. P.* From natural philosophy to the philosophy of nature. *Lichnost'. Kul'tura. Obshchestvo*, 2004, no. 1 (21), pp. 341—365. (In Russian).
13. *Nisbett R., Peng K., Choi I., Norenzayan A.* *Culture and systems of thinking: comparison of holistic and analytical knowledge.* *Psikhol. zhurn.*, 2011, vol. 32, no. 1, pp. 55—86. (In Russian).
14. *Smuts J. C.* *Holism and Evolution.* N.Y., The Macmillan Company, 1926, 368 p.
15. *Мельников В. П., Линков А. С.* *Тектология в современных представлениях об организации природы и управлении процессами (полузабытое наследие А. А. Богданова).* — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2016. — 149 с.
16. *Mel'nikov V. P., Linkov A. S.* *Tectology in modern ideas about the organization of nature and process management (the half-forgotten heritage of A. A. Bogdanov).* *Novosibirsk, Akad. izd-vo "Geo"*, 2016, 149 p. (In Russian).
17. *Степин В. С., Кузнецова Л. Ф.* *Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации.* — М.: Ин-т философии РАН, 1994. — 274 с.
18. *Stepin V. S., Kuznetsova L. F.* *Scientific picture of peace in the culture of man-made civilization.* *Moscow, In-t filosofii RAN*, 1994, 274 p. (In Russian).
19. *Эпштейн М. Н.* *От знания к творчеству.* — М.: СПб.: Центр гуманитар. инициатив, 2016. — 480 с.
20. *Epshtejn M. N.* *From knowledge to creativity.* *Moscow; St. Petersburg, Tsentr gumanitar. initsiativ*, 2016, 480 p. (In Russian).
21. *Мельников В. П., Геннадиник В. Б., Геннадиник Б. И.* *Философскую базу — холодной науке // Философия и будущее цивилизации: Тезисы докладов и выступлений IV Российского философского конгресса*

(Москва, 24—28 мая 2005 г.). — М.: Соврем. тетради, 2005. — С. 374.

Melnikov V. P., Gennadinik V. B., Gennadinik V. I. Philosophical base to cold science. *Filosofiya i budushchee civilizacii. Tezisy dokladov i vystuplenii IV Rossiiskogo filosofskogo kongressa* (Moskva, 24—28 maya 2005 g.). Moscow, Sovrem. tetrad, 2005, p. 374. (In Russian).

18. Мельников В. П., Геннадиник В. Б. Криософия — система представлений о холодном мире // Криосфера Земли. — 2011. — Т. 15, № 4. — С. 3—8.

Melnikov V. P., Gennadinik V. B. Cryosophy — a system of ideas about the cold world. *Kriosfera Zemli*, 2011, vol. 15, no. 4, pp. 3—8. (In Russian).

19. Мельников В. П., Геннадиник В. Б. Криософия — онтология холодной материи // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Гуманитар. исслед. — 2012. — № 10. — С. 6—14.

Melnikov V. P., Gennadinik V. B. Cryosophy — ontology of cold matter. *Vestn. Tyumen. gos. un-ta. Gumanitar. issled.*, 2012, no. 10, pp. 6—14. (In Russian).

20. Мельников В. П., Федоров Р. Ю. Воззрения на холод в истории познания природы: от спекулятивного знания к криософии // Криосфера Земли. — 2020. — Т. 24, № 6. — С. 3—10. — DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-6(3-10).

Melnikov V. P., Fedorov R. Yu. Views on the cold in the history of natural knowledge: from speculative knowledge to cryosophy. *Kriosfera Zemli*, 2020, vol. 24, no. 6, pp. 3—10. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2020-6(3-10). (In Russian).

21. Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка: В 4 т. — Т. 4: Р—V. — СПб.: Изд. книгопродавца-типографа М. О. Вольфа, 1882. — 704 с.

Dal' V. I. Explanatory dictionary of the living Great Russian language: In 4 vols. Vol. 4: R—V. St. Petersburg, Izd. knigoprodavca-tipografa M. O. Vol'fa, 1882, 704 p. (In Russian).

22. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка. — М.: Азбуковик, 1997. — 944 с.

Ozhegov S. I., Shvedova N. Yu. Explanatory Dictionary of the Russian Language. Moscow, Azbukovik, 1997, 944 p. (In Russian).

23. Плутарх. О первичном холоде // *Философия природы в Античности и в Средние века*. — М.: Прогресс-Традиция, 2000. — С. 103—119.

Plutarch. About primary cold. *Filosofiya prirody v Antichnosti i v Srednie veka*. Moscow, Progress-Traditsiya, 2000, pp. 103—119. (In Russian).

24. Комаров И. А., Исаев В. С. Криология Марса и других планет Солнечной системы. — М.: Науч. мир, 2010. — 232 с.

Komarov I. A., Isaev V. S. Cryology of Mars and other planets of the Solar System. Moscow, Nauch. mir, 2010, 232 p. (In Russian).

25. Вернадский В. И. Философские мысли натуралиста. — М.: Наука, 1988. — 520 с.

Vernadsky V. I. Philosophical thoughts of a naturalist. Moscow, Nauka, 1988, 520 p. (In Russian).

26. Фуко М. Слова и вещи. Археология гуманитарных наук. — М.: А-сэд, 1994. — 408 с.

Foucault M. Words and things. *Archeology of the humanities*. Moscow, A-cad, 1994, 408 p. (In Russian).

27. Шейнкман В. С., Мельников В. П., Парначев В. П. Анализ криогенных и тектонических процессов на Севере Западной Сибири в плейстоцене с позиций криогетеротопии // Докл. Рос. акад. наук. Науки о Земле. — 2020. — Т. 494, № 1. — С. 82—86. — DOI: 10.31857/S2686739720090169.

Sheinkman V. S., Melnikov V. P., Parnachev V. P. Analysis of Pleistocene cryogenic and tectonic processes in Northwestern Siberia: a cryoheterotopic approach. *Doklady Earth Sciences*, 2020, vol. 494, no. 1, pp. 741—744. DOI: 10.1134/S1028334X20090160.

28. Mutschler H. et al. Freeze-thaw cycles as drivers of complex ribosome assembly. *Nature Chemistry*, 2015, 7, pp. 502—508. Available at: <https://doi.org/10.1038/nchem.2251>.

29. Miyakawa S., Cleaves J. H., Miller S. L. The Cold Origin of Life: A. Implications Based On the Hydrolytic Stabilities of Hydrogen Cyanide and Formamide. *Orig. Life Evol. Biosph.*, 2002, 32 (3), pp. 195—208. DOI: 10.1023/a:1016514305984.

30. Schwartz A. W., Joosten H., Voet A. B. Prebiotic adenine synthesis via HCN oligomerization in ice. *Biosystems*, 1982, 15 (3), pp. 191—193. DOI: 10.1016/0303-2647(82)90003-x.

31. Levy M., Miller S. L., Brinton K., Bada J. L. Prebiotic synthesis of adenine and amino acids under Europa-like conditions. *Icarus*, 2000, iss. 145 (2), pp. 609—613. DOI: 10.1006/icar.2000.6365.

32. Шейнкман В. С., Седов С. Н., Русаков А. В., Мельников В. П. Криотрасологическая индикация палеопочв // Криосфера Земли. — 2019. — Т. 23, № 1. — С. 51—62. — DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2019-1(51-62).

Sheinkman V. S., Sedov S. N., Rusakov A. V., Mel'nikov V. P. Cryotrasological paleosol indication. *Kriosfera Zemli*, 2019, vol. 23, no. 1, pp. 51—62. DOI: 10.21782/KZ1560-7496-2019-1(51-62). (In Russian).

33. Молодин В. И., Парцингер Г., Цэвээндорж Д. Замерзшие погребальные комплексы пазырьской культуры на южных склонах Сайлюгема (Монгольский Алтай). — М.: Триумф принт, 2012. — 566 с.

Molodin V. I., Parcinger G., Ceveendorzh D. Frozen funeral complexes of the Pazyryk culture on the southern slopes of Saylyugem (Mongolian Altai). Moscow, Triumph print, 2012, 566 p. (In Russian).

34. Сумгин М. И. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. — Владивосток: Кн. дело, 1927. — 372 с.

Sumgin M. I. Permafrost of soil within the USSR. Vladivostok, Kn. delo, 1927, 372 p. (In Russian).

35. Fedorov R. Cryogenic Resources: Ice, Snow, and Permafrost in Traditional Subsistence Systems in Russia. *Resources*, 2019, no. 8 (1), p. 17. Available at: <https://doi.org/10.3390/resources8010017>.

36. Brouckov A., Griva G., Fursova O. et al. Is the ancient permafrost bacteria able to keep DNA stable? *J. of Genetics*, 2016, no. 95 (4), pp. 1003—1007. DOI: 10.1007/s12041-016-0708-0.

Информация об авторах

Мельников Владимир Павлович, доктор геолого-минералогических наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник, Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 86), главный научный сотрудник, Отдел методологии междисциплинарных исследований криосферы Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 86), научный руководитель, Международный центр криологии и криософии Тюменского государственного университета (625003, Россия, Тюмень, ул. Володарского, 6), генеральный директор, АНО «Губернская академия» (625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 86), e-mail: melnikov@ikz.ru.

Брушков Анатолий Викторович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой геокриологии, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова (119991, Москва, Ленинские горы, 1), ведущий научный сотрудник, Международный центр криологии и криософии Тюменского государственного университета (625003, Россия, Тюмень, ул. Володарского, 6), e-mail: brushkov@geol.msu.ru.

Федоров Роман Юрьевич, кандидат философских наук, старший научный сотрудник, Институт криосферы Земли Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 86), старший научный сотрудник, Отдел методологии междисциплинарных исследований криосферы Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (625026, Россия, Тюмень, ул. Малыгина, 86), e-mail: r_fedorov@mail.ru.

Библиографическое описание данной статьи

Мельников В. П., Брушков А. В., Федоров Р. Ю. К развитию холистического образа криосферы // Арктика: экология и экономика. — 2021. — Т. 11, № 4. — С. 519—528. — DOI: 10.25283/2223-4594-2021-4-519-528.

THE DEVELOPMENT OF A HOLISTIC IMAGE OF THE CRYOSPHERE

Melnikov, V. P.

Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Center SB RAS, Department of Methodology of Interdisciplinary Research of the Cryosphere, Tyumen Scientific Center SB RAS Tyumen State University, ANO "Gubernskaya academia" (Tyumen, Russian Federation)

Brushkov, A. V.

Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russian Federation), Tyumen State University (Tyumen, Russian Federation)

Fedorov, R. Yu.

Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Center SB RAS, Department of Methodology of Interdisciplinary Research of the Cryosphere, Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russian Federation)

The article was received on January 22, 2021

Abstract

For the 20th century, during which cryology took shape, there was a typical situation of a gap between the natural sciences and philosophy. At the beginning of the 21st century, the rapid knowledge accumulation and the growing intra-subject differentiation in natural sciences led to the need of combining disparate ideas about reality and recreate a holistic scientific picture of the world on a new basis. The discovery of a variety of extra-terrestrial cryogenic objects, as well as a large range of scales and rates of cryogenic processes, expands the understanding of cold. The establishment in 1991 in Tyumen of the Earth Cryosphere Institute, SB RAS can be considered the key to the development of holism in the study of the world of cold. Over the past 30 years, in the process of forming the Institute scientific team, the researchers were following the main task of implementing

an interdisciplinary approach to the object of study. The realization of the principle was intended to build a holistic scientific picture of the world of cold, in the way of a specific form of the scientific knowledge systematization, which includes the construction of ontological models of systems of some objects, processes and phenomena, as well as the analysis of their connections. The application of a holistic approach to the study of the cryosphere contributed to the generation in the scientific picture of the World of new contexts of understanding the role of cold in the variety of physical phenomena on Earth and in space. These include such new concepts as cryogenic resources, cryologic time, cryodiversity, cryodeterminism, as well as the latest areas of cryology — cryotrasology, cryoheterotopy, etc.

Keywords: *Cryosphere, cryology, cryosophy, scientific picture of the World, holistic approach.*

The research has been supported by the state task of the Earth Cryosphere Institute № 121042000078-9 “Development of methodological bases for interdisciplinary studies of the role of the cryosphere in the evolution of material-energy interactions on the Earth’s surface, subsistence mechanisms in the biosphere and environmental aspects of human life” and by RFBR, project No. 20-55-71004 “Open urban spaces as a factor in ensuring sustainable development in the Arctic under the conditions of climate change”.

Information about the authors

Melnikov, Vladimir Pavlovich, Doctor of Geology and Mineralogy, Academician of RAS, Professor, Chief Researcher, Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Center SB RAS (86, Malygina str., Tyumen, Russia, 625026), Chief Researcher, Department of Methodology of Interdisciplinary Research of the Cryosphere, Tyumen Scientific Center SB RAS (86 Malygina str., Tyumen, Russia, 625026), Scientific Leader, International Centre of Cryology and Cryosophy, Tyumen State University (6, Volodarsky str., Tyumen, Russia 625003), Director General, ANO “Gubernskaya academia” (86, Malygina str., Tyumen, Russia, 625026), e-mail: melnikov@ikz.ru.

Brushkov, Anatoly Victorovich, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the Department of geocryology, Lomonosov Moscow State University (1, Leninskie gory, Moscow, Russia, 119991), Leading Researcher, International Centre of Cryology and Cryosophy, Tyumen State University (6, Volodarsky str., Tyumen, Russia, 625003), e-mail: brouchkov@geol.msu.ru.

Fedorov, Roman Yurievich, PhD of Philosophy, Senior Researcher, Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Center SB RAS (86, Malygina str., Tyumen, Russia, 625026), Senior Researcher, Department of Methodology of Interdisciplinary Research of the Cryosphere, Tyumen Scientific Center SB RAS (86, Malygina str., Tyumen, Russia, 625026), e-mail: r_fedorov@mail.ru.

Bibliographic description of the article

Melnikov, V. P., Brushkov, A. V., Fedorov, R. Yu. The development of a holistic image of the cryosphere. *Arktika: ekologiya i ekonomika*. [Arctic: Ecology and Economy], 2021, vol. 11, no. 4, pp. 519—528. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-4-519-528. (In Russian).

© Melnikov V. P., Brushkov A. V., Fedorov R. Yu., 2021