НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
КРИОСФЕРА ЗЕМЛИ

Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 2, с. 3–11 **http://www.izdatgeo.ru**

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ КРИОЛОГИИ ЗЕМЛИ

УДК 167; 550.36

АСПЕКТЫ КРИОСОФИИ: КРИОРАЗНООБРАЗИЕ В ПРИРОДЕ

В.П. Мельников[1,2,3], В.Б. Геннадиник[1], А.В. Брушков[1,3]

[1] *Институт криосферы Земли СО РАН, 625000, Тюмень, а/я 1230, Россия; melnikov@ikz.ru*
[2] *Тюменский государственный нефтегазовый университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38, Россия*
[3] *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия*

Наблюдаемое и возрастающее разнообразие объектов и явлений, связанных с холодом и фазовыми переходами воды (“криоразнообразие”), требует описания, анализа и последующего объединения полученной информации в систему научных знаний. Оставаясь в границах старой узкой методологии, геокриология не может в полной мере отвечать новым потребностям познания. В статье приведены типичные примеры криоразнообразия, иллюстрирующие влияние криосферы на геологические, биологические и социальные процессы. Из многочисленных причин криоразнообразия выделены три основные: аномальные термодинамические и электромагнитные свойства льда, особенности водородной связи и широкая распространенность криогенных систем и условий.

Криосфера, криософия, криоразнообразие, лед, онтология

ASPECTS OF CRYOSOPHY: CRYODIVERSITY IN NATURE

V.P. Melnikov[1,2,3], V.B. Gennadinik[1], A.V. Broushkov[1,3]

[1] *Earth Cryosphere Institute, SB RAS, 625000, Tyumen, P/O box 1230, Russia; melnikov@ikz.ru*
[2] *Tyumen State Oil and Gas University, 625000, Tyumen, Volodarskogo st., 38, Russia*
[3] *Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Leninskie Gory, 1, Russia*

“Cryodiversity” is the observed diversity of objects and phenomena associated with the cold and the phase transitions of water. It requires a description, analysis and subsequent integration of information in the system of scientific knowledge. Remaining in borders of the old narrow methodology, the geocryology cannot fully meets the needs of science. The article presents new examples of cryodiversity illustrating the effect of the cryosphere on geological, biological and social processes. Three key reasons of diversity have been marked out: anomalous thermodynamic and electromagnetic properties of the ice, the peculiarities of the hydrogen bond and wide occurrence of cryogenic systems and conditions.

Cryosphere, cryosophy, cryodiversity, ice, ontology

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на фоне общего лавинообразного роста научной информации особенно выделяется поток сведений об объектах и явлениях, связанных с холодом и фазовыми переходами воды. Такие явления разнообразны и часто нетипичны. Они лежат на стыке живой и косной материи, но при этом часто легко наблюдаемы, актуальны для практики, выявляют не используемые человечеством ресурсы и факторы устойчивости его существования. Совокупность объектов и явлений, связанных с холодом и фазовыми переходами H_2O, объединены термином “криоразнообразие”.

Наряду с такими важными факторами, как освоение человеком полярных регионов, экономическое использование криосферы и развитие криотехнологий, криоразнообразие стало основанием для формирования нового философского направления в онтологии – криософии. Оставаясь в границах старой узкой методологии, геокриология уже не может в полной мере отвечать новым потребностям познания. Поэтому в настоящий момент особенно важен философский взгляд на объект, предмет и метод криологии с учетом ее взаимодействия и кооперации с другими науками, что и составляет предмет нового философского на-

© В.П. Мельников, В.Б. Геннадиник, А.В. Брушков, 2013

правления в онтологии – *криософии* [*Мельников, Геннадиник, 2011*].

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КРИОСОФИИ

Философия является системой научных знаний об основаниях и фундаментальных принципах человеческих отношений к природе, обществу и духовной жизни. Почему появилась потребность в определении понятия “криософия” в научном мировоззрении и философии? Причин, вызывающих необходимость формулировки такого научного направления в философии и естествознании, несколько.

Первая причина заключается в постепенном освоении человеком новых просторов при расширении среды его обитания (рис. 1). Мировоззренческие представления о холоде – основа криософии – так или иначе складывались с древних времен, и востребованность в них росла по мере продвижения человека в северные широты и необходимости обеспечения жизнедеятельности в суровом климате. Эти процессы сопровождались переосмыслением взглядов на окружающий мир, на свое место в нем, и постепенно превращались в убеждения и принципы. Новые знания побеждали страхи и суеверия, а новые адаптивные качества человека придавали сил в борьбе за лучшие условия жизни и в покорении новых территорий.

Вторая причина обусловлена возрастающим экономическим значением криосферы. Ресурсная база энергетики и промышленности передвигается на север и далее – на шельф Северного Ледовитого океана (рис. 2, 3). Более актуальными становятся задачи обеспечения безаварийной эксплуатации зданий и сооружений, построенных и используемых в крайне неблагоприятных криологических условиях. Все больше материальных и научных ресурсов требуется для изучения криогенных процессов (промерзание–протаивание, пучение грунтов и др.) и их последствий, угрожающих безопасности и долговременной эксплуатации энергетических (нефте- и газопроводов) и транспортных артерий приполярных стран.

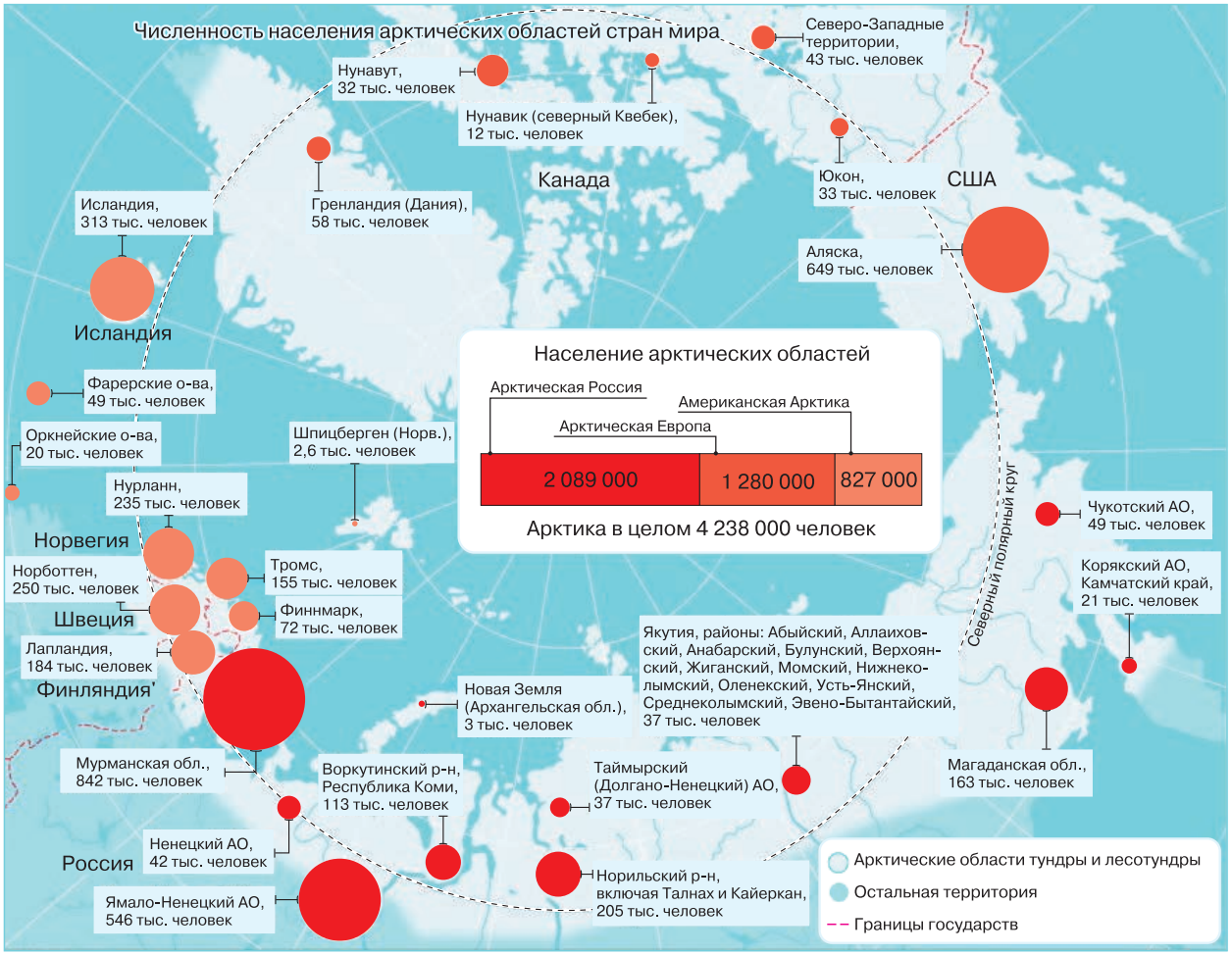

Рис. 1. Жизнь за полярным кругом [*РИА “Новости”, 2010*].

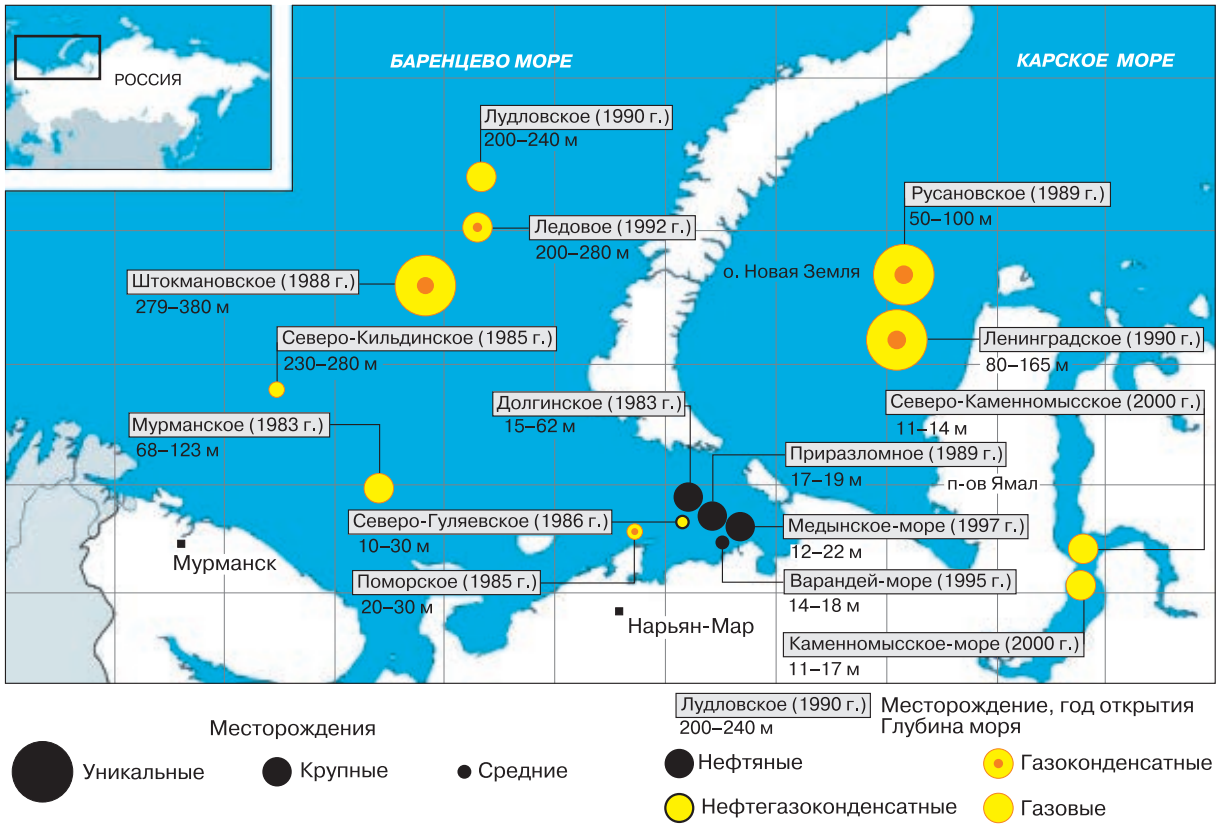

Рис. 2. Российские нефтегазовые месторождения в Арктике [*РИА “Новости”, 2011*].

Классификация месторождений: уникальные – более 300 млн т нефти или 500 млрд м^3 газа; крупные – от 30 до 300 млн т нефти или от 30 до 500 млрд м^3 газа; средние – от 3 до 30 млн т нефти или от 3 до 30 млрд м^3 газа.

Третья причина состоит в том, что все чаще криогенные процессы и явления становятся неотъемлемой (а иногда, и основной) частью промышленных технологических процессов. Развитие атомной энергетики, авиации, электроники, а также пищевой и химической промышленности, медицины, добычи и транспортировки промышленных газов было бы невозможно без применения холода. Получение, хранение, транспортировка и практическое использование многих промышленных газов реализуются в широком диапазоне низких температур (0,3–165 К). Стремительное развитие холодильной, криогенной и климатической техники, обусловленное все возрастающей потребностью в практическом использовании низких температур, пришлось на XX век. За последние сто лет производство этой техники постоянно увеличивалось в соответствии с нуждами химической и металлургической промышленности, авиации, космонавтики, оборонной промышленности, энергетики, биологии, медицины, электроники, строительства и других областей хозяйственной деятельности.

Рассмотрим подробнее примеры использования холода в космических, строительных, медицинских и биологических технологиях.

Развитие космической техники, а в последние годы и нанотехнологий стимулировало создание криовакуумных систем и аппаратов. Первые в мировой практике пассажирские самолеты (Ту-155)

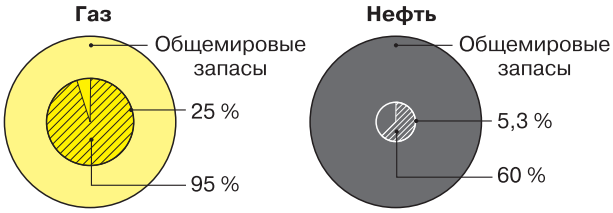

Рис. 3. Арктика в цифрах [*РИА “Новости”, 2011*].

По данным ЦРУ США: 25 % – доля российского природного газа в общемировых запасах (1-е место в мире); 5,3 % – доля российской нефти в общемировых запасах (8-е место в мире). По словам вице-спикера ГД РФ и президента “Российского газового общества” В. Язева: 95 % – доля российского газа, содержащегося в арктической зоне; 60 % – доля российской нефти, содержащейся в арктической зоне.

на жидком водороде и сжиженном природном газе были сделаны в СССР и летали в 1990–1991 гг. в Ниццу, Ганновер и Берлин. В Советском Союзе под руководством профессора В.П. Белякова была построена самая крупная в Европе криовакуумная камера объемом 10 000 м^3, в которой был испытан космический аппарат "Буран".

В строительстве холод начали применять для замораживания грунта при прокладке первых московских линий метрополитена в середине 30-х гг. прошлого века. Для очистки воздуха от диоксида углерода при использовании станций метро в качестве бомбоубежищ в 1950-х гг. была создана уникальная криогенная установка. Позднее были разработаны системы регенерации воздуха для подводных и космических аппаратов, создана криовзрывная технология переработки старых автопокрышек.

Развиваются криохирургическое и криотерапевтическое (криосауна) направления в медицине. Криогенное хранение спермы, эмбрионов, костного мозга, крови, освоенное в 1960-х гг., сейчас широко используется. Большое значение для сохранения генофонда мировых и национальных растительных ресурсов имеют криогенные хранилища семян, которые создаются в ведущих странах мира. Уникальные диагностические возможности в медицине достигнуты благодаря использованию сверхпроводимости и ядерного магнитного резонанса (сверхпроводящие магниты применяются в ЯМР-томографах). В итоге можно утверждать, что в течение последних 20 лет "холод" активно внедрялся в медицинскую практику и биологию, и этот процесс, несомненно, будет усиливаться в XXI столетии.

Наконец, *четвертая* и главная *причина* обусловлена глубоким проникновением процессов, происходящих при низких температурах, и процессов фазовых переходов воды и других веществ в современные научные представления о криосфере. Именно эти процессы и порождают широкий спектр явлений, объединяемых понятием "криоразнообразие".

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Криоразнообразие иллюстрируется в работе [*Мельников, Геннадиник, 2011*] достаточно обширным перечнем актуальных, но ранее мало обсуждаемых проявлений криосферы. Проявления и функции льда систематизированы по шести иерархиям: "Физическая система" и "Природное вещество" (шкала пространственных масштабов), "Физико-химическая система" и "Фазовое состояние" (шкала энергетических масштабов), "Информационная и управляющая системы" (шкала временных масштабов) [*Мельников, Геннадиник, 2011, с. 4*].

Дополним сложенную "мозаику" криоразнообразия новыми элементами, еще раз демонстрирующими влияние криосферы на геологические процессы, связь косной и живой материи, а также ее воздействие на развитие общества.

Становится очевидным, что многие принципиальные процессы в микромире, в почвоведении и биологии, метеорологии и геофизике, в космологии связаны с охлаждением и фазовыми переходами "вода ↔ лед". По гипотезе Аррениуса–Гольданского, жизнь зарождалась в холодных облаках при криогенных температурах в результате ударной полимеризации при кристаллизации воды и других процессов [*Гольданский, 1986*]. Оказалось, что многие рибосомы лучше всего работают при низких температурах, и это свидетельствует о том, что жизнь зарождалась в холодных условиях [*Власов и др., 2005*]. В случае занесения жизни на Землю из других обитаемых миров ключевой была бы консервирующая роль холода (например, микробы и семена при низких температурах могут сохранять жизнеспособность неопределенно долгое время). Исследования внеземной жизни направлены на ее поиски в холодных областях спутников Юпитера, Марса и других планет. Сегодня одной из наиболее интересных проблем является обнаружение жизни в подледниковых озерах Антарктиды.

Многие исследования происхождения жизни продолжают работы Опарина–Холдейна по химической эволюции, хемогенезу, возникновению сложных белковых форм из более простых соединений. Академик Н.П. Юшкин предполагает, что "минералы могли послужить катализаторами для возникновения все более сложных углеводородов, передать первым биомолекулам часть своей структуры" [*2004, с. 54*]. Имеется в виду передача на информационном, генетическом уровне. Основная мысль, высказанная Н.П. Юшкиным: "многие биогенные и биологические процессы определяются базовыми для всей природы процессами кристаллизации, образования упорядоченной структуры. Образование биологических структур явилось переходом вещества на качественно новый уровень порядка" [*2004, с. 52*].

Сложность внутренней структуры льда и особенности его фазовых переходов вдали от равновесных состояний сами по себе достаточны для формирования упорядоченного синергетического поведения и образования устойчивых макроскопических объектов. Это не только классические снежинки, но также, например, пространственно упорядоченные структуры из капель воды в атмосферных облаках [*Шавлов и др., 2011*]. Подобные явления могут оказаться тем самым недостающим звеном перехода от косной материи к живой.

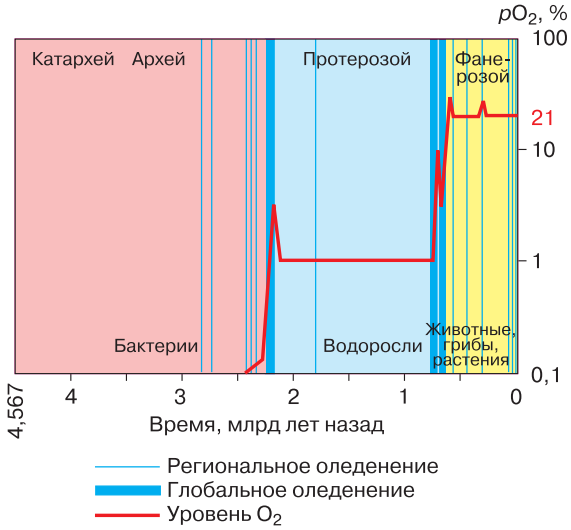

Рис. 4. Протерозойские оледенения и связанные с ними события: обогащение атмосферы кислородом и появление новых организмов [*Le Hir et al., 2008*].

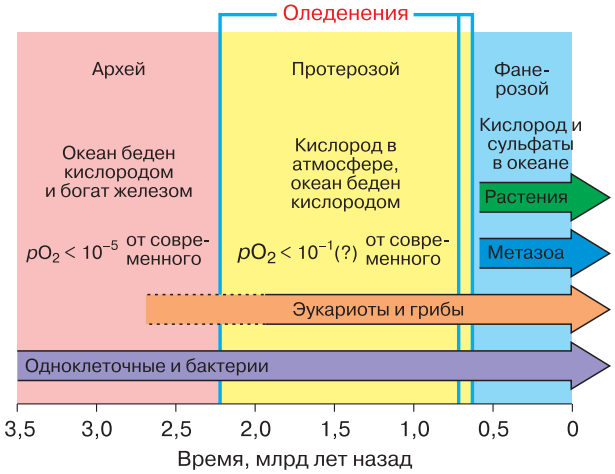

Рис. 5. Холодные эпохи протерозоя, изменения химического состава океанов и эволюция живых организмов [*Le Hir et al., 2008*].

В определенных условиях структуру воды можно представить как смесь жидкокристаллических структур. Это имеет большое значение для понимания жизнедеятельности организмов. Именно структурированная вода в межсинаптических образованиях мозга осуществляет передачу нейронных импульсов. Пленка структурированной воды вокруг ДНК увеличивает эффективный диаметр цилиндрической макромолекулы ДНК в водном растворе на 40 % по сравнению с безводным состоянием макромолекулы ДНК, что кардинально увеличивает количество переносимой ею информации. Уже небольшое нагревание (до 50–60 °С) приводит к денатурации белков и прекращает функционирование живых систем. Между тем охлаждение до полного замерзания и даже до температур, близких к абсолютному нулю, не приводит к денатурации и не нарушает конфигурацию системы биомолекул, так что жизненные функции после оттаивания сохраняются. Аналогичное поведение характерно для ферментов, регулирующих обмен веществ в организмах [*Вилли, 1975*].

До сих пор неизвестна причина появления 900–1000 млн лет назад многоклеточных организмов [*Федонкин, 2000*]. Очевидная увеличенная потребность в кислороде у многоклеточных организмов традиционно объясняется постепенным его накоплением в атмосфере за счет фотосинтеза, но инициация их развития вполне могла быть связана с повышением концентрации O_2 в холодной воде. И появление скелетных организмов, приуроченное к границе протерозоя и фанерозоя, связано, по мнению ряда исследователей, со свойством выделения организмами карбоната кальция в условиях повышенного содержания кислорода. Обогащение кислородом Мирового океана на границе венд–кембрий, скорее всего, связано с мощным оледенением Земли, понижением температуры воды и увеличением растворимости газов, а также с наличием ледового покрова и особенностями циркуляции воды в это время (рис. 4, 5).

Интересно, что именно в холодный период венда появляются первые гигантские организмы. Гигантизм, как известно, характерен для полярных областей и связан с особенностями теплообмена.

Эпохи похолодания и эволюция живых организмов оказываются взаимосвязанными на протяжении всего фанерозоя. К похолоданию в юрском периоде, а затем и в конце мелового могут быть приурочены крупнейшие эпохи вымирания биологических видов. Появление Homo sapiens произошло во время крупнейшей ледниковой эпохи, а роль похолодания в происхождении и развитии человека до конца не ясна и нуждается в исследовании (рис. 6). Почему, например, искусство возникло едва ли не в самое холодное время плейстоцена?

Геологические процессы, обусловленные криогенезом, не менее разнообразны. Среди них образование тиллитов и морен, гляциоэвстазия, а также менее известные события, такие как образование поясов железомарганцевых конкреций в Мировом океане за счет нарушения циркуляции течений при морском оледенении и изменении распределения газов в воде. Ресурсы железомарганцевых конкреций в Мировом океане распреде-

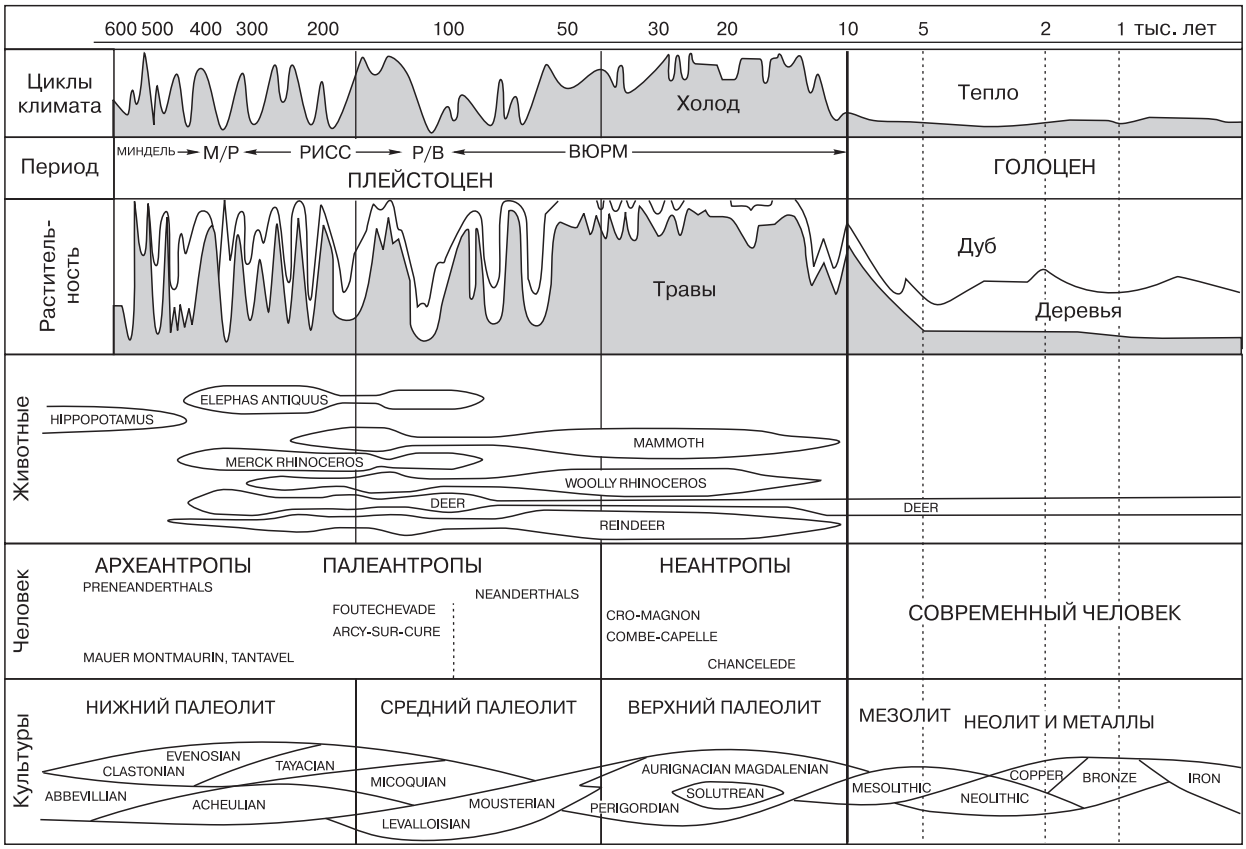

Рис. 6. Изменение природной среды и эволюция человека [*Хименков, 2006*].

лены с загадочной неравномерностью: 85 % марганца и более 95 % редких металлов залегают в экваториальной части Тихого океана. Разведанные запасы богатых и очень богатых руд составляют здесь 10 млрд т. В Индийском океане ресурсов значительно меньше, в Атлантике, морях Арктики и Антарктики их почти нет. Их концентрация в экваториальной области Земли (рис. 7) свидетельствует о возможном формировании восстановительной среды подо льдом вблизи полярных областей и о выносе материала к экватору, где в свободных ото льда районах сохранялась окислительная обстановка и могли образовываться конкреции.

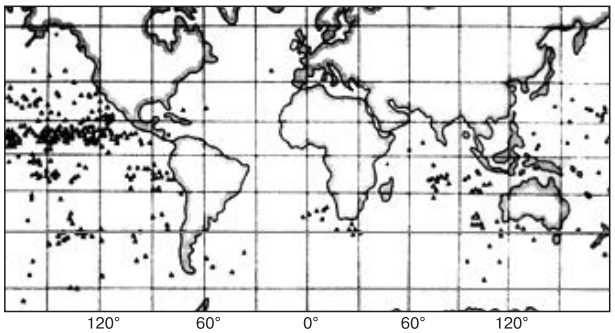

Рис. 7. Распределение ресурсов железомарганцевых конкреций в Мировом океане [*Батурин, 2002*].

Не исключено, что и накопление железистых кварцитов в Курской магнитной аномалии и других районах Земли обусловлено вовсе не деятельностью железобактерий, а колебаниями содержания кислорода в воде, в том числе циклическими, связанными с похолоданиями и потеплениями.

Резкое снижение энтропии при формировании сложных органических молекул и биополимеров в процессе возникновения жизни также могло быть связано с понижением температуры и влиянием льдообразования.

Причина оледенений остается дискуссионной, но их цикличность не оспаривается. Не исключено, что их повторяемость обусловлена глобальной геологической цикличностью. Как известно, химическое выветривание горных пород связано с сокращением содержания углекислого газа в атмосфере для поддержания карбонатного равновесия в воде. Широкое развитие процессов выветривания приводит, таким образом, к умень-

шению парникового эффекта, похолоданию и возникновению оледенения (рис. 8).

Оледенение сокращает области выветривания и, вероятно, ведет к постепенному увеличению содержания CO_2 в атмосфере, например, за счет сокращения фотосинтеза и, наоборот, усиления "дыхания" разлагающих погибающую органику бактерий. Таким образом, процессы оказываются цикличными, и осцилляции криосферы могут быть соотнесены с фазами глобальных геологических циклов Земли.

Гидролиз, как известно, – одна из важнейших химических реакций как для живого, так и для неживого вещества. В частности, выветривание горных пород в значительной степени обусловлено именно гидролизом. При этом химические реакции возможны и в твердой фазе, а существование незамерзших пленок жидкости на замерзшей породе определяет возможность протекания реакции криолиза (сольволиза на поверхности льда), пока почти не изученной.

Примером одного из широко распространенных явлений может служить переохлаждение воды. Несмотря на общеизвестность, многое в природе метастабильных состояний еще остается невыясненным. Например, достоверно не известно, в течение какого времени вода может оставаться переохлажденной: месяцы, годы или неограниченно долго. При этом метастабильные состояния встречаются в природе гораздо чаще, чем принято считать. К ним относится не только стеклообразование, но и сравнительно недавно обнаруженные метастабильные газовые гидраты [*Melnikov et al., 2011*]. Глубина их залегания на континентах и в океанах – наибольшая из известных на сегодня глубин проникновения криогенных условий, процессов и образований. Газовые гидраты создают пояс положительно-температурной криолитозоны, расширяющий ее пространственные границы. Наличие зоны глубинных растворов с фазовыми переходами обязывает нас вводить в понятийный аппарат криологии условия, далекие от условий на поверхности Земли. Иначе мы неправомерно ограничиваем пространство, относящееся по сути к криосфере Земли, выводя из предмета рассмотрения трансформации среды, обязанные своим существованием криогенным процессам в специфических условиях.

Надо отметить, что криосфера является наиболее объемной и наиболее инструментально изученной геосферой Земли – от морских глубин (около 5 км) до линии Кармана (границы атмосферы и космоса). И не удивительно – ведь это естественная среда обитания человека. Не следует забывать также, что граница собственно Солнца достаточно условна, плотность солнечного ветра (излучаемой Солнцем плазмы) настолько велика, что околосолнечную область на расстоянии по крайней мере 100 а. е. от Солнца (гелиосферу) можно рассматривать как аналог планетарной ат-

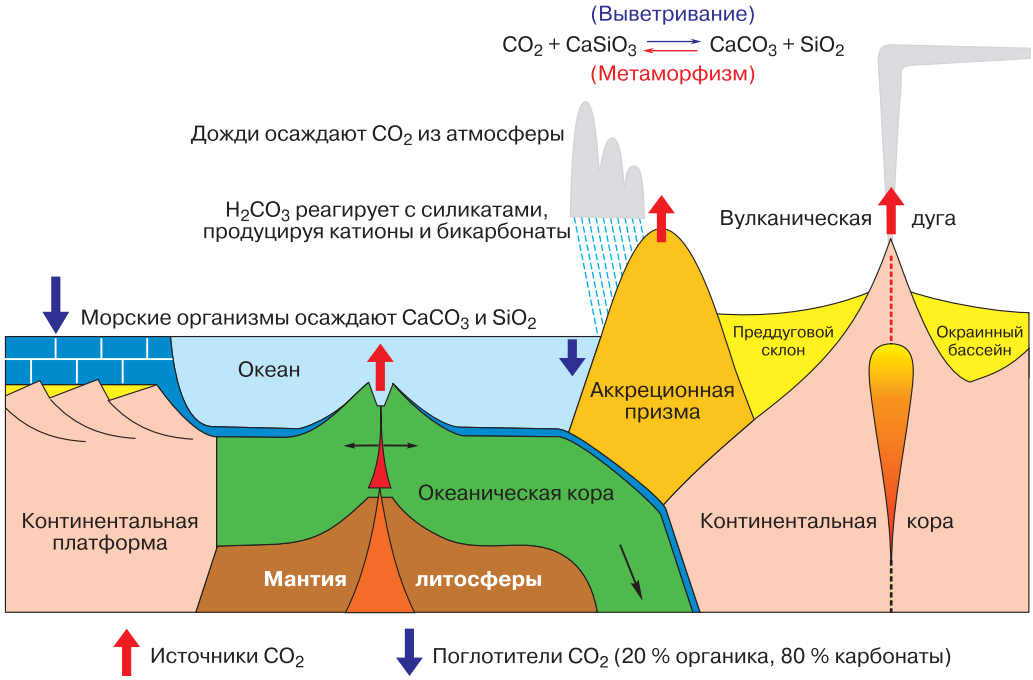

Рис. 8. Углекислота и ее динамика в геологических процессах [*Le Hir et al., 2008*].

Процессы эмиссии и потребления CO_2 сбалансированы выветриванием силикатов, зависящим от температуры, и измеряются миллионами лет.

мосферы. С учетом этого криосферы Земли и других планет и их спутников фактически расположены в криосфере Солнца.

Для любых изучаемых объектов и процессов можно определить характерные пространственные и временные масштабы. Классическая исследовательская парадигма, как правило, предполагает одновременный рост временного и пространственного масштабов. Это соответствует существованию интервала скоростей развития традиционно исследуемых объектов. Однако наблюдается все больше явлений, выпадающих из этого ряда, и часто они связаны с криосферой, выступающей в роли замедлителя или ускорителя времени. Это, например, палеобактерии, законсервированные на аномально долгие сроки ледяными экранами. Криогенная система замедляет скорости процессов в толще и ускоряет их на границах, создавая значительные градиенты развития.

Проявления криосферы не только объясняют многие явления в окружающем мире, но и затрагивают наиболее важные для человека и его мировоззрения вопросы. Криосфера оказала решающее влияние на биологию человека, на протяжении всего существования человечества участвовала в формировании социальных процессов, верований, представлений о прекрасном, определяла мировоззрение людей. Речь идет не только об ответах цивилизаций (в понимании Тойнби) на вызовы природного мира.

Далеко не всегда “холодная” вмещающая среда считалась проблемной. Многие этносы сохранили воспоминания о далекой северной прародине, другие сложили мифы и легенды о загадочных и успешных гипербореях. Понятие комфортной среды обитания – понятие относительное, неравнозначное для разных видов живого и для различных культурных сообществ в разные эпохи. Для многих народов снег и лед являются настолько естественной средой обитания, что воспринимаются как фон, естественное условие бытия.

На восприятие холода европейцами в качестве явления сугубо негативного повлиял исторический испуг Европы перед малым ледниковым периодом (XIV–XIX вв.) и яркие впечатления, вынесенные из походов в Россию в 1812 и 1940-х гг. Однако здоровый консерватизм европейской цивилизации, боязнь глобального потепления, заставляет человечество более взвешенно относиться к полярным термостатам Земли. Человечество преодолевает культуру “теплоцентризма”, “криофобию”, и это важнейший шаг в преодолении других “природофобий”, шаг в толерантную культуру, глубоко экологичную по своей сути.

В условиях осознания криосферы в качестве ресурса, источника благ и возможностей для человечества, а не источника угроз необходимо создание новой методологии ее исследования. Рассмотрим кратко особенности такой методологии.

КРИОСОФИЯ, КРИОГЕНЕЗ И КРИОРАЗНООБРАЗИЕ – МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИМПЕРАТИВЫ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

В чем причины наблюдаемого криоразнообразия и что определяет единство разнородных криогенных явлений? Целесообразно выделить три основные особенности льда: аномальные термодинамические и электромагнитные свойства, промежуточную интенсивность водородной связи и широкую распространенность криогенных систем и условий.

Аномальные термодинамические и электромагнитные свойства льда. В первую очередь необходимо отметить аномально высокие теплоемкость, удельную теплоту плавления и диэлектрическую проницаемость льда. Именно специфические свойства льда играют особую роль в формировании глобального климата, ледяных экранов различных масштабов – от самоконсервации газовых гидратов в мерзлоте до экранирования континентов, стабильных условий возникновения и существования живого организма.

Уникальные термоинерционные свойства льда (впрочем, как и воды) в сочетании с его распространенностью на поверхности Земли позволяют криосфере выполнять функцию стабилизатора температуры. Следствием этого является изменение характерных скоростей процессов и, как результат, возникновение нетипичных объектов с нехарактерными временами и размерами, например, ледяных смерчей и палеобиоты [*Мельников, 2012*].

Промежуточная интенсивность водородной связи. Только кристаллы льда построены исключительно на водородных связях, т. е. лед можно считать стандартом водородных связей. Устойчивость водородной связи обеспечивает достаточную стабильность криогенных систем, а ее относительная слабость (водородные связи примерно на порядок слабее ковалентных) объясняет их высокую подвижность. Те же водородные связи играют важную роль в белках, нуклеиновых кислотах, биополимерах. Сама жизнь обязана своим возникновением водородным связям, так как все биохимические процессы в живом организме – это процессы, когда рвутся и вновь возникают водородные связи. Таким образом, криогенные системы определяют скорости соразмерных живому процессов на всем протяжении их существования.

Широкая распространенность криогенных систем. Благодаря геохимическим особенностям воды и имеющимся в течение геологической истории термодинамическим условиям, одно из наиболее распространенных веществ (H_2O) находится на поверхности планеты в трех агрегатных состояниях [*Мельников, 1995*]. Криосфера, неизменно присутствующая на этой глобальной арене взаи-

модействия Живого и Природы, определяет особенности как косной, так и живой материи. Следствием этого, с одной стороны, является сродство холодного и живого, приспособившегося к криогенным условиям (в том числе криофильность), с другой стороны, наилучшая изученность криосферы по сравнению с иными геосферами, что позволяет рассматривать криологические исследования в качестве авангардных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суть криософии – в научном осознании места и роли холодной материи в происхождении и эволюции вещественно-энергетических взаимодействий, в зарождении и поддержании жизни. Она призвана изучать наиболее общие существенные характеристики и фундаментальные принципы криосферы во всех ее проявлениях, использовать как классические (при исследовании простых физических и химических систем) и синергетические (при исследовании сложного и живого) подходы, так и методы информационной логистики, продуцирующие знания о знаниях.

Инструментом менеджмента знаний является разработка информационной онтологии криосферы – детальной формализации области знаний с помощью системы связанных понятий [*Мельников, Геннадиник, 2012*]. По Гегелю, система понятий, построенная по принципу субординации и соподчинения, и есть форма истины. Простой механический набор понятий не передает всей сложности реальных отношений, их взаимообусловленности и взаимопереходов. Задача исследователя – обнаружить эту реально существующую систему отношений, лежащую в основе как бытия, так и тождественного ему сознания.

Криология все чаще оперирует несвойственными классической прикладной науке терминами: разнообразие, устойчивость, сложность, эмерджентность. Системы объединяются в метасистемы, на смену моделям приходят их иерархии. Все это придает криологии черты постнеклассической науки, главными особенностями которой являются междисциплинарность и актуальность.

Литература

Батурин Г.Н. Рудный потенциал океана // Природа, 2002, № 5, с. 20–30.

Вилли К. Биология / К. Вилли, В. Детье. М., Мир, 1975, 822 с.

Власов А.В., Джонстон Б., Лэндвебер Л., Казаков С.А. РНК-катализ в замороженных растворах // Докл. РАН, 2005, т. 402, № 3, с. 402–404.

Гольданский В.И. Туннельные явления в химической физике / В.И. Гольданский, Л.И. Трахтенберг, В.Н. Флеров. М., 1986, 291 с.

Мельников В.П. Инженерно-геологические и геокриологические условия шельфа Баренцева и Карского морей / В.П. Мельников, В.И. Спесивцев. Новосибирск, Наука, 1995, 197 с.

Мельников В.П. Новейшие явления, концепции, инструментарий как фундамент для старта к новым горизонтам криологии // Криосфера Земли, 2012, т. XVI, № 4, с. 3–9.

Мельников В.П., Геннадиник В.Б. Криософия – система представлений о холодном мире // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 4, с. 3–8.

Мельников В.П., Геннадиник В.Б. Криософия – онтология холодной материи // Вестн. ТюмГУ, 2012, № 10, с. 6–14.

РИА "Новости". Арктика: жизнь за полярным кругом, 2010. URL: http://www.visualrian.ru/ Инфографика # 627797 (дата обращения: 04.03.2013).

РИА "Новости". Российские месторождения в Арктике, 2011. URL: http://www.visualrian.ru/ Инфографика # 962989 (дата обращения: 04.03.2013).

Федонкин М.А. Холодная заря животной жизни // Природа, 2000, № 9, с. 3–11.

Хименков А.Н. Введение в структурную криологию / А.Н. Хименков, А.В. Брушков. М., Наука, 2006, 279 с.

Шавлов А.В., Джуманджи В.А., Романюк С.Н. Пространственно упорядоченные структуры из капель воды в атмосферных облаках // Криосфера Земли, 2011, т. XV, № 4, с. 52–54.

Юшкин Н.П. Рожденные из кристаллов? // Наука из первых рук, 2004, № 0 (янв.), с. 43–55.

Le Hir G., Ramstein G., Donnadieu Y., Goddéris Y. Scenario for the evolution of atmospheric pCO_2 during a snowball Earth // Geology, 2008, vol. 36, p. 47–50.

Melnikov V.P., Nesterov A.N., Reshetnikov A.M., Istomin V.A. Metastable states during dissociation of carbon dioxide hydrates below 273 K // Chem. Eng. Sci., 2011, vol. 66, p. 73–77.

Поступила в редакцию
14 марта 2013 г.