

# ОНТОПОГИЯ

© В.П. МЕЛЬНИКОВ, В.Б. ГЕННАДИНИК, В.О. ДОМАНСКИЙ

Институт криосферы Земли, Российская академия наук  
(Сибирское отделение, г. Тюмень)  
melnikov@ikz.ru, genugend@gmail.com, vdomanskiy@gmail.com

УДК 167; 550.31

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ В КРИОЛОГИИ В ЭПОХУ ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕВОЛЮЦИИ

### THEORETICAL SYNTHESIS IN CRYOLOGY IN THE ERA OF INFORMATIONAL REVOLUTION

*АННОТАЦИЯ.* Для большинства естественнонаучных дисциплин в эпоху информационной революции характерно использование новых методологических возможностей: интенсивной систематизации накопленного ранее материала, выработки общей терминологии, единых подходов к описанию объектов и предметов исследования.

Однако существует ряд особенностей криологии, делающих организацию знаний в ней более актуальной, чем в других науках геолого-географического блока. Эти особенности являются следствием преимущественно специфики самого объекта криологии — Криосферы Земли. Выделены три основные особенности, определяющие специфику Криосферы: аномальные термодинамические и электромагнитные свойства льда, промежуточная интенсивность водородной связи твердого агрегатного состояния  $H_2O$  и широкая распространенность криогенных условий, процессов и образований.

В качестве основного методологического резерва криологии определено построение информационного пространства криологической информации — системы понятий, их четкого и непротиворечивого определения. В основе такого информационного пространства должна лежать онтология «Криосфера Земли», обеспечивающая общность терминологии мультидисциплинарной науки, конвергенцию ее разнородных компонент, систематизацию информации. Результатом систематизации является преобразование данных и знаний в легко извлекаемые и используемые информационные ресурсы.

*SUMMARY.* In the era of informational revolution most of natural sciences tend to employ new methodological tools: intense systematization of previously accumulated material, developing a common terminology, common approaches to the description of objects and subjects of study. However, there are a number of specific features of cryology that make the organization of knowledge in this field more necessary and urgent than in other geological and geographical sciences. These features normally can be explained by the specific character of the object of cryology studies,

*i.e. Earth's Cryosphere. We have identified three factors determining the specific nature of Cryosphere, namely the abnormal thermodynamic and electromagnetic properties of the ice, the intermediate intensity of the hydrogen bond of H<sub>2</sub>O in the state of aggregation and frequent occurrence of cryogenic conditions, processes and structures. The basic methodological base of cryology is determined as the modeling of an informational space of cryological information, i.e. modeling of a system of concepts, their clear and consistent definitions. The core of this information space should be the ontology "Earth's Cryosphere" which will provide a common terminology for this multidisciplinary science, the convergence of its diverse components and the systematization of the information. The result is the transformation of the data and knowledge into easily retrieved and used information resources.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** Криология, методология, онтология, информационные ресурсы, информационное пространство.

**KEY WORDS.** Cryology, methodology, ontology, information resources, information space.

### **Методологические особенности современной криологии.**

Организация знаний и данных является одной из основных функций современной науки, особенно важной для мультидисциплинарных исследований в предметной области с преобладанием эмпирических знаний, нечеткостью определений и изменчивостью понятий, многоуровневыми иерархическими системами с наличием связей между уровнями [1].

Типичным примером такой области знаний является криология — комплексная наука об объектах криосферы и процессах, происходящих в ней. Неслучайно многими исследователями объекты криосферы выбираются в качестве эталонного (например, ледник [2]). С их точки зрения, эти объекты достаточно типичны, изучены, имеют понятные физические основания и, что является уникальным для геологических объектов, имеют высокую характерную скорость процессов, позволяющую наблюдать их динамику.

Однако существует ряд особенностей криологии, делающих организацию знаний в ней даже более актуальной, чем в других науках геолого-географического блока. Особенности заключаются, с одной стороны, в наличии разработанного физико-химического базиса, основанного на простых и понятных явлениях фазовых переходов H<sub>2</sub>O, с другой — в наличии множества хорошо наблюдаемых сложных синергетических процессов и интенсивной связи живого и косного вещества в криосфере.

Сам объект криологии — Криосфера Земли — является сложной и весьма специфичной системой, синергетической по своей природе (самоорганизующейся благодаря интенсивному обмену энергией и веществом с окружающей средой), включающей атмосферную, гидросферную, литосферную, биосферную компоненты разного уровня иерархии. Пространственная неопределенность (часто криогенные образования устойчиво существуют там, где никогда не было криогенных условий, например, психросфера) и временная неустойчивость криосферы, наличие большого количества конкретных (уникальных) объектов требуют выработки соответствующих подходов к исследованиям и систематике знаний.

Необходимо учитывать не только особенности объекта криологии, но и имеющиеся и постоянно возникающие в эпоху информационной революции возможности. Появление и рост доступности Интернета знаменовали коммуникационную революцию, удешевив информацию и создав предпосылки революции

информационной — не просто публикации и обмена данными, но и типизации этих данных и превращение их в информационные ресурсы. Именно с информационной революцией можно связывать надежды на развитие информатики в таких сложных предметных областях, как криология.

Криология, как и многие другие естественнонаучные дисциплины, переживает в настоящий момент этап интенсивной систематизации накопленного ранее материала, выработки общей терминологии, единых подходов к описанию объектов и предметов исследования. Этап систематизации обычно предшествует возникновению новых подходов к обучению, специалистов, выработке новых парадигм, определению новых задач. В этом отношении построение информационного пространства является залогом интенсивного и успешного развития криологии.

Сегодня в криологии, как и вообще в геологии, чаще всего информация добывается не для решения определенной задачи, а как бы впрок [3]. Вследствие этого геологические публикации переполнены избыточной информацией (практически не отчуждаемой от авторов), не становящейся достоянием заинтересованных в ней специалистов. В такой ситуации только случайным образом собранные данные могут стать полезным информационным ресурсом.

Синтетический характер криологии [4] проявляется в объединении предметов и методов исследования из различных традиционных дисциплин геолого-географического, физико-химического, биологического и других блоков, изучающих разные аспекты единых объектов и процессов. Проблема многочисленности уровней усугубляется отсутствием проработанных связей между ними. Желательно, чтобы результат, получаемый на физической модели, легко становился бы результатом физико-химической модели, а ее результаты — основанием, например, биологического или геологического моделирования. Связь математического моделирования на базисных уровнях изучения криосферы и качественной классификации на уровнях, описывающих сложные (геологические, биологические или социальные) системы возможна с помощью лингвистических переменных. Выработка непротиворечивой системы таких характеристик возможна лишь при комплексном системном анализе объекта исследования.

Плохо проявленные междисциплинарные связи при одновременном отсутствии специалистов всех предметных областей делают необходимым построение единого информационного представления криосферы Земли, систематизацию существующей криологической информации и определение структуры информационного пространства.

### ***Истоки особенностей криологии***

Прежде чем обсудить проблемы построения информационного пространства — единого семантического поля предметной области, рассмотрим причины наблюдаемого разнообразия объектов и явлений, связанных с холодом и фазовыми переходами  $H_2O$  — криоразнообразия [5]. При всем их многообразии целесообразно выделить основные особенности льда: аномальные термодинамические и электромагнитные свойства, промежуточную интенсивность водородной связи, а также широкую распространенность криогенных условий, процессов и образований.

В первую очередь необходимо отметить аномально высокие теплоемкость, удельную теплоту плавления и диэлектрическую проницаемость льда. Именно

специфичность свойств льда играет 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.

Уникальные термоинерционные свойства льда (впрочем, как и воды), в сочетании с их распространенностью на поверхности Земли позволяют криосфере выполнять функцию стабилизатора температуры. Следствием этого является изменение характерных скоростей процессов и, как результат, появление нетипичных объектов с нехарактерными собственными временами и размерами, например, ледяные смерчи и палеобиота [6].

Только кристаллы льда построены на одних водородных связях, т.е. можно считать лед 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 важнейшую роль в белках, нуклеиновых кислотах, в биополимерах. Сама жизнь обязана своим возникновением водородным связям, т.к. все биохимические процессы в живом организме — это процессы, когда рвутся и возникают вновь водородные связи. Таким образом, криогенные системы определяют скорости соразмерных живому процессов на всем протяжении их существования.

Благодаря геохимическим особенностям и имеющимся в течение геологической истории термодинамическим условиям, одно из наиболее распространенных веществ,  $H_2O$ , находится на поверхности планеты в трех агрегатных состояниях. Криосфера, неизменно присутствующая на этой глобальной арене, определяет особенности как косной, так и живой природы. Следствием этого, с одной стороны, является сродство холодного и живого (в т.ч. криофильность), приспособившегося к криогенным условиям, с другой стороны — наилучшая изученность криосферы по сравнению с другими геосферами, что позволяет рассматривать криологические исследования в качестве наиболее подготовленных.

### ***Информационные подходы в криологии***

Вернемся к проблеме построения информационного пространства криологической информации — системы понятий, их четкого и непротиворечивого определения, являющегося на сегодняшний день методологическим резервом, способным быстро повысить эффективность научных исследований.

На наш взгляд, сейчас можно определить два крайних подхода к описанию сложных систем: экстенсивный и интенсивный. Экстенсивный подход декларирует, что наукой является лишь то, что производит знания. Соответственно, цель и методология подобного подхода нацелены на построение сложных, зачастую эвристических моделей, объединяемых в отечественной традиции понятием «синергетика».

Другой подход к описанию сложных систем — интенсивный, представляет собой не производство новых знаний, а упорядочивание имеющихся, накопление первичных данных, обеспечение их продуктивного и многократного использования. В основе этого подхода лежат методологии, развившиеся на основе системного анализа и ориентированные на современные компьютерные и телекоммуникационные технологии.

Сочетание названных подходов обеспечивает гармоничное изучение сложных систем, но все же необходимо отметить, что организация знаний и данных яв-

ляется одной из основных проблем конвергенции наук. Задачи, связанные с перечисленными в первой части статьи особенностями, как раз и решаются при помощи создания единого информационного пространства — совокупности структурированных знаний и данных, между которыми установлены отношения информационной алгебры, оснащенной механизмами анализа и извлечения знаний и данных.

Информационное пространство криологии Земли (ИПКЗ) представляет собой упорядоченные знания и данные из геокриологии и связанных областей научной и технической деятельности, набор соглашений, правил, сервисов и открытых стандартов. Остановимся на этапах жизненного цикла и перечисленных элементах ИПКЗ.

Процесс создания и поддержки функционирования информационного пространства включает ряд задач: определение требований к первичной информации, ее сбор, организацию и формирование информационных ресурсов (ИР), уточнение информации и реструктуризацию знаний, хранение информации (данных и знаний), распространение ИР для их совместного использования.

Костяком информационного пространства является область соотнесения [7] — иерархизированная совокупность понятий, ключевых слов, временных, пространственных и энергетических интервалов, характеризующих природные объекты и процессы, модели, объекты и предметы исследования. Элементы области соотнесения носят неспецифический характер, то есть являются характеристиками, присущими всем (или почти всем) понятиям предметной области.

Требования к первичной информации заключаются в необходимости ее адресации в информационном пространстве через определение значений области соотнесения для соответствующих характеристик. Подобная адресация может осуществляться с различной степенью точности, что определяет необходимость использования методов нечеткой логики при анализе связей ИР.

Сбор информации включает определение первичных источников, механизмов ее получения и способов представления в электронном виде. Ресурсный характер информации делает неизбежным использование подходов логистики и информационного консалтинга.

Ресурсом для сбора информации являются разнородные данные о криосфере (полнотекстовые материалы, аннотации, ссылки, изображения, модели, базы данных), доступные и подлежащие интеграции в информационное пространство. На первоначальном этапе необходимо провести инвентаризацию источников, заключающуюся в составлении и заполнении для всех основных источников информации карт, содержащей информацию, в том числе о владельце и авторе информации, объеме, годах накопления, достоверности, языке и способе хранения.

Среди первичных источников информации, помимо научного сообщества и системы образования, необходимо указать органы государственного управления, сосредотачивающие большие объемы первичной информации и данных об административном управлении криогенными системами, и природопользователей.

Надо отметить, что источники первичных данных одновременно являются основными вероятными потребителями криологической информации. Таким образом, ИПКЗ должна стать интегратором информации — инженерной средой обмена знаниями, обобщающей и систематизирующей разнородные сведения,

обеспечивающей эффективный поиск информации, борьбу с «информационным хаосом» и «информационным голодом», повторное использование чужого опыта (с указанием квалификации исследователей) и данных (с определением их надежности).

Описание ИР с помощью наборов ключевых слов, уже традиционное для информационных систем, существенно упрощает поиск информации, однако привлекательным представляется максимальное расширение этих наборов и их структуризация — определение соотношений между их элементами, формулировка правил, позволяющих использовать логические операции при поиске описанных ключевыми словами ресурсов.

Последовательное развитие в указанном направлении наборов ключевых слов приводит к построению онтологии «Криосферы Земли». Здесь и далее в статье термин «онтология» употребляется в узком информационно-технологическом значении и обозначает развернутое описание множества объектов и понятий, с указанием разнообразных связей между понятиями, называемых в онтологиях концептами [8].

Ключевой тип связей — «наследственный» — соответствует объектно-ориентированному подходу, развитому в информационных системах, и представляет собой интенциональное определение концепта — через обобщающий концепт и его уточнение. Подобный способ описания важен потому, что, определяя новое понятие через понятие-предок, мы автоматически получаем развернутое описание, унаследовавшее от предка все характеристики (атрибуты). Отметим, что сами атрибуты часто тоже являются понятиями, равно как и их конкретные значения. Формализм онтологии позволяет, когда это в принципе возможно, осуществлять и альтернативное (а скорее дополнительное) экстенциональное определение понятий через перечисление всех его экземпляров.

Можно указать и другие основные типы связей между концептами:

— структуризации — каждое понятие с одной стороны состоит из элементов, также являющихся понятиями, с другой — является элементом одной или нескольких (в зависимости от аспекта) систем;

— казуальные (причинно-следственные) связи описывают генетическую связь явлений и тесно связаны с понятиями времени, циклов и динамики;

— функциональные связи определяют ограничения, накладываемые на группы зависимых параметров, и часто являются следствием моделирования объектов (законы, модели, уравнения состояния и т.п.) или ограничений целостности, обеспечивающих правильную интерпретацию и соотнесение понятий;

— прочие — семантические связи указывают на подобие объектов или подходов к их описанию, аналогии.

В результате будет получена сложно структурированная и объединенная многообразными связями система понятий, достаточно адекватно описывающая криосферу. По мысли Гегеля, система категорий, построенная по принципу субординации, соподчинения понятий, в отличие от простого механического набора понятий, есть форма истины [9].

Обязательные для всех понятий предметной области атрибуты составляют упомянутую ранее область соотнесения, определяющую минимальную мощность аналитических возможностей онтологии. При описании новых ИР онтология естественным образом разрастается, как в сторону общих абстрактных понятий,

так и в сторону уточнения понятий, их детализации вплоть до перечисления конкретных экземпляров объектов. Близость конкретных понятий характеризуется количественной характеристикой — «интенсивностью связей», являющейся метрикой информационного пространства.

Сегодня крупнейшим источником информации, в том числе и научной, является Интернет, обладающий поражающими воображение показателями объема накапливаемой информации и неэффективности ее использования. Последнее связано с тем, что, информационная фаза развития Интернета наступит после того, когда заметная часть общедоступной информации будет описана, иначе говоря, снабжена метаданными — «данными о данных» — системами, функционально близкими онтологиям.

Разрабатывая и публикуя в Интернете онтологию, мы достигаем трех основных целей: формализуем предметную область, организуем эффективный поиск информации (а значит, ее повторное использование) и обеспечиваем интероперабельность — способность к взаимодействию нескольких информационных систем (агентов) без прямого участия людей к обмену информацией и ее использованию.

Результатом формализации станет формирование общей терминологии, достижение информационной прозрачности системы информационных ресурсов криологии, отчуждение знаний узких специалистов в интересах научного сообщества и системы образования.

Эффективный поиск информации выразится в повышении релевантности запрашиваемой информации, ее фильтрации, классификации и индексировании. Все это особенно важно с учетом смещения форм финансирования науки от долгосрочного планирования к краткосрочным грантам, что влечет необходимость быстрого поиска и публикации результатов. Информационное пространство позволяет сократить характерные времена этих процессов.

Для достижения интероперабельности необходимо описание онтологии в одном из существующих в настоящее время открытых стандартов, объединяемых концепцией *Semantic Web*. Сутью *Semantic Web* является реализация возможности машинной обработки информации, доступной в Интернете, тогда как сами ресурсы предназначены для восприятия человеком, метаданные используются машинами (поисковыми роботами и другими интеллектуальными агентами, объединяемыми в мультиагентные системы) для проведения однозначных логических заключений о свойствах этих ресурсов.

Надо отметить, что у концепции *Semantic Web* существует немало критиков и в основном критические замечания сводятся к сомнениям в возможности ее полной реализации именно по причинам сложности описания и формализации достойных внимания предметных областей. Однако ожидаемые результаты слишком заманчивы, чтобы не попробовать реализовать идеи ИПКЗ. Тем важнее ясно представить себе последовательность конкретных действий, ведущих к ее разработке.

Для формирования ИПКЗ первоочередным, наряду с инвентаризацией информационных источников, должна стать разработка онтологии «Криосфера Земли». Современные средства разработки онтологий позволяют эффективно осуществлять корректировку и слияние онтологий. Само создание онтологии подразумевает этапность:

— формирование системы понятий и определение области соотнесения ИПКЗ;

— анализ системы понятий на непротиворечивость и полноту;

— публикация онтологии;

— организация обсуждения и корректировки онтологии.

В основу системы понятий должны быть заложены фундаментальные справочные пособия по геокриологии и гляциологии. Для ее уточнения целесообразно систематизировать и увязать вместе термины геологических, геофизических, физико-химических и других связанных с криогенными процессами и образованиями блоков из основных существующих классификаторов научно-технической информации (УДК, ББК, ВИНТИ, ГАСНТИ).

Важным элементом онтологии должен стать репозиторий геокриологических моделей — построение иерархизированной системы физических, геофизических и геологических моделей и их типизация. Создание продуктивных математических моделей сопряжено с существенным упрощением реальных объектов. Онтология позволяет явно описать допущения (не принимаемые в рассмотрение факторы, малые параметры, предположения об однородности и т.п.), принятые при создании модели, что упрощает определение границ их применимости.

Более того, возможно построение иерархий моделей, имеющих различную выразительную и вычислительную мощь для различных типов подобных физических объектов. В этом случае при определении модели как концепта онтологии необходимо указать дополнительные относительно модели-предка допущения модели и нарушаемые ею методологические принципы (что также бывает необходимо для упрощения системы).

Специфика криологии Земли, как и всех наук о Земле, проявляется еще и в наличии большого числа уникальных объектов как природных, так и техногенных (в том числе специфических техногенных — научно-исследовательских). Все эти объекты помимо большого количества различных показателей характеризуются пространственным местоположением. Это делает удобным использование электронных карт для пространственного анализа информации — определения взаимовлияний, поиска объектов по атрибутам и определения атрибутов объекта по местоположению, типизации и районирования объектов и территорий и их дальнейшего ранжирования.

Осознание структурированной информации как одного из важнейших ресурсов, особенно в наукоемких областях человеческой деятельности, предполагает изменение требований к ее накоплению, систематизации и использованию. Такой комплекс — информационная инфраструктура включает в себя как хорошо знакомые аппаратные решения, так и менее известные семантические подходы — выработку общего языка, определение терминов и правил их использования. Именно в разработке семантики предметной области заключается одна из основных функций академической науки — «инфраструктурная».

Результатом систематизации является преобразование данных и знаний в информационные ресурсы — легко извлекаемую и используемую информацию, обеспечивающую общность терминологии мультидисциплинарной науки, надежность и полноту исходных данных и моделей.

Гегель писал о том, что истина есть совпадение понятия и объективности, а частные науки показывают действительность лишь с какой-то одной стороны, абстрактно, отвлекаясь от ее многообразия, поэтому они не содержат истины

[10]. Функция теоретического синтеза — конвергенция разнородных компонент области знания, приближающая нас к более полному и адекватному описанию объекта исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В.П. К созданию цельного образа криосферы // Криосфера Земли. 2014. № 4.
2. Забродин В.Ю. Геологические системы (методологические аспекты исследования) // Философия науки. 2009. № 2 (41). С. 99-113.
3. Параев В.В., Молчанов В.И., Еганов Э.А. О философии геологии // Философия науки 2003. № 1 (16). С. 60-80.
4. Мельников В.П. Криология на новом этапе познания природы // Исследования в области океанологии, физики атмосферы, географии, экологии, водных проблем и геокриологии. М.: ГЕОС, 2001. С. 62-70.
5. Мельников В.П., Геннадиник В.Б., Брушков А.В. Криософия. Криоразнообразие в природе // Криосфера Земли. 2013. Т. 17. № 2. С. 3-11.
6. Мельников В.П., Геннадиник В.Б. Криософия — онтология холодной материи // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 10. Серия «Философия». С. 6-14.
7. Миронова Т.С., Плесневич Г.С. Гибридные модели знаний // Техническая кибернетика. 1994. № 2. С. 56-70.
8. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
9. Гулыга А.В. Немецкая классическая философия. М.: Мысль, 1986. 334 с.
10. Гегель Г. Лекции по истории философии. Книга первая. Л.: Партийное издательство, 1932. 314 с.

## REFERENCES

1. Mel'nikov, V.P. The integral image of the cryosphere. *Kriosfera Zemli — Earth cryosphere*. 2014. № 4. (in Russian).
2. Zabrodin, V.Iu. Geological systems (methodological aspects of studies). *Filosofia nauki — Philosophy of science*. 2009. № 2 (41). Pp. 99-113. (in Russian).
3. Paraev, V.V., Molchanov, V.I., Eganov, E.A. On Philosophy of Geology. *Filosofia nauki — Philosophy of science*. 2003. № 1 (16). Pp. 60-80. (in Russian).
4. Mel'nikov, V.P. Criology at the new stage cognition of nature / In: *Issledovaniia v oblasti okeanologii, fiziki atmosfery, geografii, ekologii, vodnykh problem i geokriologii* [Studies in oceanology, physics of the atmosphere, geography, ecology, problems of water resources and geocryology]. Moscow, 2001. Pp. 62-70. (in Russian).
5. Mel'nikov, V.P., Gennadinik, V.B., Brushkov, A.V. Aspects of cryosophy: cryodiversity in nature. *Kriosfera Zemli — Earth's cryosphere*. 2013. V. 17. № 2. Pp. 3-11. (in Russian).
6. Mel'nikov, V.P., Gennadinik, V.B. Understanding and perception of certain substances of the cold ontology. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2012. № 10. Series "Philosophy". Pp. 6-14. (in Russian).
7. Mironova, T.S., Plesnevich, G.S. Hybrid models of knowledge. *Tekhnicheskaiia kibernetika — Engineering cybernetics*. 1994. № 2. Pp. 56-70. (in Russian).
8. Gavrilova, T.A., Khoroshevskii, V.F. *Bazy znaniia intellektual'nykh sistem* [Knowledge bases of intelligent systems]. St-Petersburg, 2000. 384 p. (in Russian).
9. Gulyga, A.V. *Nemetskaia klassicheskaia filosofiiia* [German classical philosophy]. Moscow, 1986. 334 p. (in Russian).
10. Hegel, G.W.F. *Lektsii po istorii filosofii. Kniga pervoiia* [Lectures on the History of Philosophy. Book One]. Leningrad, 1932. 314 p. (in Russian).

**Авторы публикации**

**Мельников Владимир Павлович** — директор Института криосферы Земли, Российской академия наук (Сибирское отделение, г. Тюмень), академик РАН, доктор геолого-минералогических наук

**Геннадиник Виктор Борисович** — научный сотрудник Института криосферы Земли, Российская академия наук (Сибирское отделение, г. Тюмень), кандидат технических наук

**Доманский Владимир Олегович** — младший научный сотрудник Института криосферы Земли, Российская академия наук (Сибирское отделение, г. Тюмень)

**Authors of the publication**

**Vladimir P. Melnikov** — Dr. Sci. (Geol.-Min.), Academician, Russian Academy of Sciences (Siberian branch, Tyumen)

**Victor B. Gennadinik** — Cand. Sci. (Tech.), Researcher, Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences (Siberian branch, Tyumen)

**Vladimir O. Domansky** — Researcher, Earth Cryosphere Institute, Russian Academy of Sciences (Siberian branch, Tyumen)