

УДК 551.324

*Ш.Ш. Гасанов*

### К ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ПЛАСТОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ПОДЗЕМНОГО ЛЬДА

О происхождении пластовых залежей льда высказано более 10 гипотез. Дальнейший сбор эмпирического материала не может разрешить данную проблемную ситуацию, так как процесс этого типа льдообразования в настоящее время не наблюдается и подобно «мертвым фациям» пластовые залежи отражают определенный этап развития криолитосферы. В данном случае движение от множества гипотез к теории может осуществляться путем привлечения познавательных средств из арсенала гипотетико-дедуктивного метода. Рассмотрение всех существующих гипотез с позиций формально-логических процедур верификации позволило свести их к трем (повторно-инъекционных, сегрегационных, погребенных ледников) и показать, что наибольшим моментом истины обладает повторно-инъекционная гипотеза

Пластовые залежи подземного льда - широко распространенный элемент криолитосферы, отражающие определенный этап в истории развития криогенной зоны [Гасанов, 1978]. Они имеют большое значение для правильной инженерно-геокриологической оценки площадей с вечномерзлыми породами и принятия рациональных решений при их освоении. Однако отсутствие единства взглядов о происхождении пластовых залежей затрудняет выработку прогнозных оценок о закономерностях их пространственного положения, снижая тем самым эффективность инженерно-геологических рекомендаций.

Проблема пластовых залежей льда имеет давнюю историю. Впервые термином «пластовые залежи» воспользовался П.А. Шумский [1955] как о возможной форме залегания инъекционного льда (наряду с линзовидной, штоковой и т.д.), не придавая ему какого-либо генетического смысла в рамках инъекционного механизма.

В процессе криолитологических исследований в Нижне-Анадырской низменности в 1960 г. были обнаружены пластообразные льды, которые по строению и условиям залегания радикально отличались от известных в то время ядер сезонных и многолетних бугров пучения - булгунняхов [Втюрин и Гасанов, 1962]. На основе структурного анализа льдов и их морфологии и соотношения с вмещающими породами эти льды были выделены в качестве самостоятельного генетического вида в рамках инъекционного типа под названием «пластовая залежь». Последующие криолитологические исследования на побережье Чукотки показали, что пластовые залежи являются широко распространенным элементом строения разрезов низменных прибрежных пространств [Гасанов, 1969]. В последующие годы центр тяжести изучения пластовых залежей переместился в Западную Сибирь в связи с резким

расширением здесь криолитологических и инженерно-геокриологических исследований, направленных на обеспечение добычи и транспортировки нефти и газопродуктов [Дубиков и Корейша, 1964; Бобов, 1966; Шмелев, 1966; Втюрин, 1975; Соломатин, 1978]. В последующем пластовые залежи льда были обнаружены и на севере Канады [MacKay, 1971, 1972].

Расширение исследований в региональном плане и увеличение числа специалистов, привлекаемых к изучению пластовых залежей, сопровождалось ростом количества идей и гипотез о происхождении этого вида льда.

К настоящему времени высказано 10 гипотез и несколько их вариантов, основанных на абстракциях, идеализациях и допущениях разной силы.

Все эти гипотезы можно разделить на две группы.

Первую группу образуют гипотезы, основанные на конституционном механизме льдообразования: инъекционная, повторно-инъекционная, сегрегационная (в двух вариантах роста пласта: сверху или снизу), сегрегационно-инъекционная, вакуумно-компрессионная (В.В. Баулин, Н.Г. Бобов, Н.А. Вельмина, Б.И. Втюрин, Ш.Ш. Гасанов, С.И. Гапеев, С.Е. Гречищев, Г.И. Дубиков, Т.Н. Жесткова, М.М. Корейша, Л.М. Шмелев, Ю.Л. Шур, Дж.Р. Маккей и др.).

Вторую группу образуют гипотезы о первично наземном происхождении льдов и их последующем захоронении: наледная, озерная, ледниковая, погребенных морских льдов, шельфовых льдов (Г.Ф. Гравис, О.А. Казанский, Ф.А. Каплянская, Е.М. Катасонов, Л.Н. Крицук, И.А. Некрасов, В.И. Соломатин, В.Д. Тарноградский, Н.В. Тумель, В.А. Усов и др.).

Можно предположить, что специалисты называют либо разные по генезису льды одним термином «пластовая залежь», либо одному генетическому виду льда приписывается разное происхождение. Знакомство с литературой приводит к выводу о том, что оба эти момента в данной проблемной ситуации присутствуют.

По нашему мнению, для появления множества альтернативных гипотез имеются объективные основания, и наличие таких гипотез является положительным моментом, способным ускорить разрешение обсуждаемой проблемы.

Для объяснения этого, парадоксального на первый взгляд суждения, необходимо обратиться к принципу и методам актуализма в криолитологии.

Актуализм является, как известно, фундаментальным принципом познания объектов литосферы, в том числе и криолитосферы.

Для реализации принципа актуализма, т.е. осуществления межвременного перехода в целях переноса знаний о современных объектах в прошлое, рекомендуются два основных метода: метод прямых экстраполяции и стратегия проверки гипотез [Груза и Романовский, 1974; Забродин и Оноприенко, 1976; Романовский, 1977].

Метод прямых экстраполяций применяется к объектам определенного и ограниченного класса сложности, имеющим современные аналоги, для таких объектов принято вырабатывать изоморфные генетические модели, элементы которых попарно однозначно соответствуют друг другу.

Для объектов более высокого класса сложности, не имеющих современных аналогов (типа мертвых фаций), рекомендуется применение стратегии проверки гипотез, основанной на определенных регулятивных процедурах эвристического характера.

В обсуждаемой ситуации мы, очевидно, имеем дело с объектом второго класса сложности. Пластовые залежи, как процесс, не имеют современных аналогов, так как, несмотря на многочисленные криолитологические исследования в самых различных районах криогенной зоны, еще никому не доводилось обнаружить процесс их формирования. На наш взгляд, пластовые залежи отражают определенный этап в

эволюции криолитосферы арктических равнин, тесно связанный с перемещениями береговой линии моря в позднем плейстоцене и голоцене [Гасанов, 1978]. Если высказанное предположение верно, то наличие множества гипотез является положительным моментом, так как это позволяет применить актуалистический метод проверки гипотез.

Специальное обсуждение проблемы происхождения пластовых залежей подземного льда на заседании Научного совета по криологии Земли АН СССР (24-25 декабря 1979 г.) показало, что это понятие лишено в настоящее время общепринятой генетической нагрузки. В таком контексте это понятие лишено объяснительных и предсказательных функций, не имеет классификационного значения, не координируется с другими видами подземного льда и привносит дополнительные трудности в рассматриваемую проблему, так как в каждом случае необходимо оговаривать, о каком генетическом типе и виде льда идет речь.

В сложившейся проблемной ситуации возможны два пути продвижения от множества гипотез к одной, а затем - и к теории.

Первый путь состоит в дальнейшем углублении и расширении исследований в целях набора дополнительного эмпирического материала о структуре объекта, т.е. путь, реализующий индуктивный подход к изучению объекта.

Есть второй, более эффективный и экономный путь дедуктивного характера, предлагаемый современной диалектической методологией, как путь наиболее рационального разрешения проблемной ситуации в науке. Это путь проверки состоятельности гипотез, их верификации и доказательства средствами регулятивных логико-гносеологических процедур и приемов [*Материалистическая диалектика ...*, 1968; *Проблемы философии ...*, 1973; *Синтез современного...*, 1973].

Прежде чем перейти к рассмотрению работоспособности гипотез в обсуждаемой конкурирующей области необходимо подчеркнуть одно очень важное обстоятельство. Приведенные ниже эвристические регулятивные правила лишь позволяют осуществить отбор наиболее конкурентоспособных гипотез, сузить фронт поиска решения проблемы и ограничить произвол и субъективизм в процедурах выработки оснований концептуальной системы.

Изложенные на языке логико-семантического анализа эвристические приемы проверки состоятельности гипотез могут быть выстроены в следующей рациональной последовательности, вытекающей из обобщения работ ряда исследователей [*Швырев, 1966; Баженов, 1968; Мамчур и Илларионов, 1973* и др.].

Первым и одним из основных требований, предъявляемых к современной гипотезе, является требование принципиальной проверяемости.

Как известно, для объяснения определенного круга фактов, объединяемых в единый процесс, не поддающийся непосредственному наблюдению, можно построить любое количество гипотез, основанных на допущениях разной силы [*Баженов, 1968*]. Это произошло и с проблемой пластовых залежей, так как все предложенные гипотезы основаны на одном и том же исходном материале. Проверка таких гипотез может быть осуществлена только путем вывода из них фактов и следствий, сопоставляемых с объектом. Если сумма выводных фактов и следствий равна нулю или они не согласуются с опытными данными, такая гипотеза считается неработоспособной и отвергается.

Из гипотез о погребенном наледном, озерном и морском происхождении льдов выводятся определенные факты, относящиеся к структуре объекта: наледь - слоистая текстура и гипидиоморфная столбчатая структура с линейной ориентировкой главных оптических осей; озерный и морской лед - пузырьчатая слоистая текстура и призматически зернистая структура с линейной ориентировкой оптических осей. Для

пластовых залежей льда свойственна взаимопараллельная волнисто-слоистая или разноориентированная слоистая текстура с большим содержанием минеральных примесей в виде слоев и линз, аллотриоморфная неориентированная структура. Таким образом, между выводными фактами и реальной структурой объекта не достигается взаимодозначного соответствия - гипотезы неработоспособны в фиксированной области знания.

Вместе с тем структурные признаки объекта не противоречат выводным следствиям, вытекающим из гипотез об инъекционном, сегрегационном и погребенном ледниковом происхождении пластовых залежей.

Следующее требование, предъявляемое к гипотезе, состоит в том, что она должна включать в себя элементы альтернативности, т.е. гипотеза должна допускать опровержения эмпирическим материалом. Это требование основано на известной аксиоме «то, что не может быть опровергнуто никаким опытом, то, что может быть согласовано с любым исходом опыта, тем самым и не может быть проверено» [Баженев, 1968, с.301].

Требование альтернативности почти совпадает с принципом [Мамчур и Илларионов, 1973], утверждающим, что любая гипотеза и теория хотя бы в принципе должна быть опровергаема, так как достигнутые знания об объекте всегда остаются неполными и относительными.

Требованию альтернативности отвечают все выработанные гипотезы о происхождении пластовых залежей, так как они включают в себя опровержения разной силы.

Опровержения наибольшей силы включают гипотезы о погребенных наледных, озерных, морских и шельфовых льдах и касаются упомянутых выше противоречий между структурой объекта и предполагаемого его наземного аналога. Как указывалось выше, возможность перехода в ископаемое состояние перечисленных видов вообще не исключается. При наличии однозначного соответствия структур сравниваемых систем следует говорить о погребенных образованиях, которые находятся за рамками обсуждаемой проблемы.

Опровержения большой силы включает гипотеза об образовании пластовых льдов за счет погребения наземных ледников. Пластовые залежи известны в районах (север Западной Сибири, Новосибирские о-ва), плейстоценовое оледенение которых оспаривается многими специалистами. Кроме того, пластовые залежи нередко обнаруживаются под мощной толщей морских сублиторальных отложений (Новосибирские о-ва), что требует доказательств возможности сохранения льдов на дне моря на протяжении многих тысячелетий. Причем, судя по составу заключенной в глинах фауны моллюсков, температуры дна моря были положительными.

Элементы опровержения меньшей силы содержат также гипотезы, основанные на конституционном механизме ледообразования (сегрегационный, инъекционный).

С позиций инъекционной гипотезы трудно объяснить, например, тонкую волнистую и складкообразную слоистость льда, выдержанную на десятки метров по простиранию. Ни один из двух вариантов сегрегационной гипотезы (рост льда сверху вниз или наоборот) не объясняет складкообразную слоистость льда, наклонную и вертикальную ориентировку слоев, наличие серий взаимопересекающихся слоев.

Таким образом, все гипотезы отвечают логико-гносеологическому требованию альтернативности: у одних гипотез опровергаются основания, у других - следствия, вытекающие из оснований.

Одним из главных требований, предъявляемых к научной гипотезе, является требование обязательного обладания предсказательной силой, т.е. способность гипотезы быть распространенной на новую, ранее не известную, предметную область.

Гипотезы, не выходящие за рамки известных к моменту ее построения фактов и созданные только для объяснения этих фактов (*ad hoc* гипотезы), принято считать менее работоспособными и предпочтение отдается той, которая предсказывает наибольшее число ранее не известных фактов.

С точки зрения теории и практики структурной криолитологии наиболее важны подтверждаемые опытом предсказания, относящиеся к условиям залегания и закономерностям распространения пластовых залежей.

Наименьшей предсказательной силой в этом смысле обладают гипотезы о погребенных наледных, озерных, морских и шельфовых льдах.

Закономерности распространения пластовых залежей хорошо предсказываются гипотезой о погребенных ледниковых льдах, за исключением упомянутых выше ситуаций, когда сохранение масс льда на дне моря с положительными температурами представляется маловероятным. Вместе с тем, эта гипотеза не может прогнозировать условия залегания льдов, так как массивы погребенных ледниковых льдов могут иметь любую форму и ориентировку, любые размеры и любое положение центра масс.

Обратная ситуация складывается с предсказаниями, вытекающими из сегрегационной гипотезы. Прогнозные оценки об условиях залегания льдов вполне согласуются с опытом. Однако закономерность распространения пластовых залежей плохо согласуется с известными ареалами их развития. Согласно сегрегационной гипотезе залежи льда могут быть развиты на всей площади развития эпигенетически промерзших влажных рыхлых отложений. На самом деле размещение пластовых залежей локализуется сравнительно узкими ареалами прибрежных равнин Евразии и Северной Америки.

Из всех обсуждаемых наибольшей предсказательной силой обладает инъекционная гипотеза. Установленная связь происхождения пластовых залежей с эпигенетическим промерзанием многослойных разрезов образований бореальной трансгрессии [Гасанов, 1978] не только объясняет известные закономерности их пространственного положения, но и позволяет прогнозировать распространение льдов и за пределами известных границ. Инъекционная гипотеза позволяет предсказывать форму, ориентировку и положение центра масс льдов. Поскольку в основе инъекционной гипотезы лежит механизм перераспределения и замерзания фильтрационного потока подземных вод выше мерзлотного барьера, ледяное тело должно иметь форму пласта максимальной мощности у мерзлотного барьера с выклиниванием к истокам, а также извилистые боковые контакты. С поправками на особенность граничных условий подземного потока такое ледяное тело должно напоминать замерзшее водохранилище с извилистыми берегами, образующими «заливы» и с грунтовыми ядрами в виде «островов» в теле льда. Инъективный механизм льдообразования позволяет прогнозировать состав и строение вмещающих когерентных систем, что согласуется с натурными наблюдениями. По данным Дж. Маккея [MacKay, 1972, с.17], полученным по 200 скважинам, в пластовых залежах обнаружено следующее соотношение льда с вмещающими породами: в 95% лед подстилался песками и гравием, в 5% - глинами и, наоборот, в 75% лед перекрывали глины и валунные суглинки и лишь в 20% - пески и гравий. Таким образом, связь пластовых залежей с водоносным горизонтом и замерзанием свободной воды очевидна. Инъекционная гипотеза выполняет не только объяснительные функции, но и является более информативной, так как она выходит за рамки фактов, входивших в основание гипотезы.

Большая или меньшая предсказательная сила, как и другие обсужденные регулятивы, не решают окончательной судьбы той или иной гипотезы. При корректировке оснований и вводе дополнительных допущений можно повысить



предсказательную силу и ложной гипотезы. В таких ситуациях эффективным средством сопоставления конкурирующих гипотез является требование логической простоты, что эквивалентно критерию динамической простоты Шлезингера [*Швырев, 1966*].

Логически или динамически более простой считается такая гипотеза, которую не требуется радикально перестраивать для объяснения новых фактов, для решения свойственных ей альтернатив. Из двух гипотез, выработанных для объяснения одной совокупности фактов, адекватная действительности гипотеза будет проще ложной, будет обладать оптимальной организацией теоретических систем, т.е. будет способна объяснять факты из своих начальных посылок и оснований, не привлекая дополнительные допущения и гипотезы. Логическую или динамическую простоту гипотезы не следует понимать как простоту и легкость ее восприятия, а как простоту ее логической конструкции, способной стать упорядочивающей основой реальной сложности.

С позиций этого требования легко убедиться в том, что гипотезы о погребенных льдах (наледных, озерных, морских, шельфовых) более сложны в сравнении с гипотезами о конституционном механизме образования пластовых залежей. Для объяснения несоответствий структуры пластовых льдов структуре предполагаемых наземных аналогов в базовую гипотезу приходится вводить не менее сложную новую гипотезу, предполагающую возможность полной перестройки структуры льда в ископаемом состоянии.

Гипотеза о погребенных ледниковых льдах более динамична по сравнению с упомянутыми, так как особенности структуры льда выводятся из оснований гипотезы без ввода дополнительных гипотез. Но вместе с тем она менее динамична по сравнению с гипотезами сегрегационного и инъекционного механизма по двум следующим причинам. Во-первых, в базовую необходимо ввести гипотезу о возможности сохранения льда без вытаивания на дне моря в течение геологически продолжительного времени. Если же из сферы функционирования данной гипотезы исключить объекты, залегающие под морскими осадками, то резко сокращаются границы ее применимости. Во-вторых, необходимо допустить плейстоценовое оледенение в таких районах, где это палеогеографами оспаривается и где, кроме самого льда, других признаков наземного оледенения не имеется (например, о-ва Анжу Новосибирского архипелага).

Сегрегационная гипотеза более проста и динамична в сравнении с гипотезами о погребенных льдах. Однако сегрегационная гипотеза оказывается не в состоянии выполнить объяснительных и предсказательных функций без введения произвольных *ad hoc* гипотез, не менее трудных для разрешения, чем базовая гипотеза. Сторонники сегрегационной гипотезы складкообразные, пloyчатые и вертикальные текстуры льда объясняют деформацией первично горизонтально-слоистых сегрегационных шпиров ледниками [*Втюрин, 1975*], что представляет собой *ad hoc* гипотезу. Способность ледников деформировать ледогрунтовые системы глубиной до 100 м и более не находит подтверждения в теории механики мерзлых пород. Вторая *ad hoc* гипотеза заключается в необходимости доказательств наземного оледенения в районах, где это в настоящее время оспаривается (п-ов Ямал, Новосибирские о-ва и др.).

С позиций сегрегационной гипотезы пластовые залежи, в том числе и растущие в настоящее время, должны обнаруживаться на обширных низменных пространствах криогенной зоны, где в динамичной форме развиваются процессы озерного термокарста и эпигенетического промерзания аласов с благоприятными условиями для сегрегационного льдообразования. Однако такой прогноз не согласуется с эмпирическим материалом. Следовательно, необходимо допустить неадекватные

современные условия сегрегационного льдообразования, что существенно усложняет весь логический конструкт, основанный на сегрегационном механизме.

На наш взгляд, наиболее динамичной и логически простой гипотезой из всех обсуждаемых является повторно-инъекционная [Гасанов, 1969]. Эта гипотеза объясняет наиболее широкий круг фактов, относящихся к структуре объекта из наименьшего числа независимых исходных допущений, и не требует ввода дополнительных ad hoc гипотез, а свойственные ей альтернативы решаются только путем корректировки и уточнения исходных абстракций и допущений. Кроме того, функции повторно-инъекционной гипотезы не ограничиваются упорядочением, объяснением и синтезом известного круга фактов, но имеет и внешнюю направленность в виде подтверждаемых предсказаний, касающихся рассмотренных выше закономерностей условий залегания и распространения льдов. Несмотря на это, повторно-инъекционная гипотеза остается пока феноменологической.

Таким образом, осуждение всех существующих гипотез о пластовых залежах с позиций логико-гносеологических процедур проверки состоятельности и верификации позволяет, на наш взгляд, свести их к трем наиболее работоспособным (в порядке убывания вероятности превращения в теорию): инъекционной, сегрегационной и погребенных ледников. В ходе последующего развития знаний, включая численное и физическое моделирование, из них и выделится одна, характеризующаяся наименьшим числом произвольных допущений и обладающая наибольшей логической простотой и предсказательной силой.

Выполнение познавательных функций (объяснительных, предсказательных, синтезирующих и др.) естественно не превращает гипотезу в теорию, а лишь подтверждает такую возможность. Проблема подтверждаемости гипотез и превращения их в теорию является самостоятельной и достаточно сложной, которую в данной работе мы не рассматриваем. Следует только подчеркнуть, что окончательное решение всегда остается за опытом в самом широком смысле понятия.

## Литература

*Баженов Л.Б.* Современная научная гипотеза. - В кн.: Материалистическая диалектика и методы естественных наук. М.: Наука, 1968, с. 294-321.

*Баулин В.В., Белопухова Е.Б., Дубиков Г.И., Шмелев Л.М.* Геокриологические условия Западно-Сибирской низменности. М.: Наука, 1967. - 215 с.

*Бобов Н.Г.* Происхождение пластовых залежей подземного льда на северных равнинах. - В кн.: Материалы VIII Всесоюз. междувед. совещ. по геокриологии (мерзлотоведению). Якутск, 1966, вып. 2, с.154-163.

*Втюрин Б.И.* Подземные льды СССР. - М.: Наука, 1975. -212 с.

*Втюрин Б.И., Гасанов Ш.Ш.* К истории формирования многолетнемерзлых пород Нижне-Анадырской низменности. - В кн.: Труды Ин-та мерзлотоведения им. В.А. Обручева АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, т. 18, 1962.

*Гасанов Ш.Ш.* Строение и история формирования мерзлых пород восточной Чукотки. - М.: Наука, 1969. - 167 с.

*Гасанов Ш.Ш.* Главнейшие особенности литогенеза в криогенной зоне (криолитогенез): Автореф. ... докт. г.м.н. М., 1978 (Моск. ун-т им. М.В. Ломоносова).

*Груза В.В., Романовский С.И.* Принцип актуализма и логика познания геологического прошлого. - Изв. АН СССР» Сер. геол., 1974, № 2, с. 125-134.

*Дубиков Г.И., Корейша М.М.* [Ископаемые инъекционные льды на полуострове Ямал.](#) - Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1964, № 5.

*Забродин В.Ю., Оноприенко В.И.* Тита моделей геологического прошлого. - ДАН УССР. Сер. Б. геология, геофизика, химия и биология. Киев, 1976, № 4, с. 299-302.

*Мамчур Е.А., Илларионов С.В.* Регулятивные принципы построения теории. - В кн.: Синтез современного научного знания. М.: Наука, 1973. С. 355-389.

Материалистическая диалектика и методы естественных наук. - М.: Наука. 1968.  
Проблемы философии и методологии современного естествознания. - М.: Наука, 1973.

*Романовский С.И.* Седиментологические основы литологии. - Л.: Недра, 1977. - 405 с.

Синтез современного научного знания. - М.: Наука, 1973.

*Соломатин В.Н.* Пластовые льды как показатель условий плейстоценового оледенения севера Западной Сибири. - В кн.: Общее мерзлотоведение. Новосибирск: Наука, 1978, с. 102-111.

*Швырев В.С.* Проблема отношения теоретического и эмпирического знания и современный неопозитивизм. - Вопросы философии, 1966, №2. с. 89-99.

*Шмелев Л.М.* Вопросы палеогеокриологии Западно-Сибирской низменности в антропогене. - В кн.: Материалы VIII Всесоюз. междувед. совещ. по геокриологии (мерзлотоведению). Якутск, 1966, вып. 2, с. 107-176.

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

*MacKay J.R.* The origin of massive icy beds in permafrost, Western Arctic Coast, Canada. - Can. J. Earth Sci., vol. 8, N. 4. 1971 P. 397-422.

*MacKay J.R.* The world of underground ice. - Ann. Assoc. Am. Geogr. 62, 1972, p. 1-22.

#### **Ссылка на статью:**



**Гасанов Ш.Ш. К проблеме происхождения пластовых залежей подземного льда // Пластовые льды криолитозоны. Якутск: ИМ СО АН СССР, 1982, с. 3-13.**