

### СОКРОВИЩА ШЕЛЬФА АРКТИКИ

**А.К. Мазуров, профессор, первый проректор ТПУ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*



**А.К. Мазуров -  
первый проректор  
ТПУ**

#### КРАТКАЯ СПРАВКА

*Мазуров Алексей Карпович – первый проректор ТПУ, доктор геолого-минералогических наук, профессор; Почетный разведчик недр Республики Казахстан; Почетный разведчик недр РФ; действительный член Российской академии естественных наук, член-корреспондент Сибирской академии наук высшей школы; член-корреспондент Академии минеральных ресурсов Республики Казахстан; первооткрыватель месторождения республики Казахстан. Научно-производственная деятельность А.К. Мазурова связана с разведкой и геологическим изучением вольфрам-молибденовых месторождений. Он был исполнителем и руководителем геологоразведочных работ по разведке и подготовке к промышленному освоению уникального по запасам месторождения молибдена Коктенколь, вольфрама Верхнее Кайрақты и крупных вольфрамовых месторождений – Северный Катпар и Коктенколь Промежуточный (Казахстан).*

Сегодня ни для кого не секрет, что в Арктике находятся огромные запасы углеводородов, базовых соединений органической химии. Без них человечество существовать уже не может. Пропан-бутановая смесь и метан используются как ценное газовое топливо. Значительную долю в моторном и ракетном топливе составляют жидкие углеводороды. Их, а также производные метана применяют в качестве растворителей. Твердые углеводороды используются для получения каучука, пластмасс, средств для мытья, в пищевой промышленности, электротехнике и радиотехнике. Углеводороды применяются в атомной энергетике как замедлители и теплоносители для атомных реакторов. Они используются также как рабочая среда в химических реакторах. Все это есть в Арктике. Но прежде чем это освоить и использовать, необходимо сначала изучить геологические особенности полезных ископаемых в Арктике, причем изучить комплексно. Я имею в виду климат, морское дно, породы, из которых сложен шельф. И самое главное – обнаружить эти месторождения. Все мы знаем, что в Арктике они есть, но она огромная, а месторождение – это некая точка, и ее нужно найти.

Другой важный аспект – освоение гигантских залежей газовых гидратов. Согласно оценкам, опубликованным в одном из выпусков журнала *Marine Geology*, запасы углеводородов в форме морских газовых гидратов превышают все известные запасы нефти, природного газа и угля примерно в 200 раз! Причем значительная часть этих неосвоенных энергетических запасов располагается на российском шельфе – материковом склоне. Как известно, самый широкий и мелководный шельф Мирового океана находится в морях Восточной Арктики, именно здесь сохранилась основная часть подводной мерзлоты, которая контролирует сохранность огромных запасов гидратов.

Для исследования всех этих процессов в 2014-2015 гг. мы выполнили две экспедиции, в нынешнем 2016 г. также провели две. Если в 2015 г. были экспедиции были зимними, когда мы бурили с припайного льда, то в этом 2016 году у нас все экспедиции летние. Первая – июльская, по изучению транспорта органического и неорганического углерода наземного происхождения в системе: «река Обь - Карское море».

Второй вопрос, который мы будем детально изучать, – выбросы метана из донных осадков морей Восточной Арктики в водную толщу, а также влияние рек на те процессы, которые происходят в море Лаптевых.

Акцент будет сделан на изучении состояния подводной мерзлоты и количественной оценке выбросов метана из донных отложений морей Восточной Арктики в атмосферу. Очень важно понять, в каком количестве газогидраты, которые образовывались тысячи и миллионы лет назад, выбрасываются в современную атмосферу. Несколько миллионов лет метан пребывал в законсервированном, внешне похожем на лед виде, а сейчас вдруг начал деградировать, распадаться. Все это существенно влияет на климат, и не только на него. Мы производим бурение, а для этого надо четко знать, сколько и где метана выделяется.

Томский политехнический университет совместно с Дальневосточным академическим институтом (ДВО РАН) создает необитаемый подводный аппарат, с помощью которого мы проводим и будем проводить свои исследования в последующие годы. В июле 2016 г. во Владивостоке состоялись испытания этого аппарата, и прошли они успешно. Затем мы погрузим аппарат на исследовательское судно и будем опускать его на дно, чтобы получить детальную информацию о размерах газовых пузырей и скорости их выброса из пород шельфа в воду.



*Таяние ледников  
в арктических морях*

Море Лаптевых, шельфовая зона, которую мы обследуем, имеет глубину до 100 м, а в среднем – 50-80 м. Аппарат может погружаться и на километры, но нам здесь это не нужно. Он оснащен датчиками, с помощью которых будут измеряться содержание метана в воде, температура, соленость и другие факторы, влияющие на формирование климата. Мы поставили перед разработчиками задачу, чтобы он как можно дольше мог работать в автономном режиме. У него будут «глаза» - видеокамеры, «уши», «руки» и т.д. Нам очень важно, чтобы он не

просто измерил содержание метана, а показал нам его поток в динамике, измерил скорость его движения. У нас разработаны программы, с помощью которых мы можем по количеству выделяемых пузырьков газа определить, насколько поток интенсивен. Теми способами, которые мы до этого использовали, мы могли наблюдать пузырьковые потоки в пределах нескольких часов, сейчас это будет на порядок больше. То есть наш аппарат будет «ходить» вблизи дна на то расстояние, которое нам нужно, и передавать наработанные данные. Таким образом, мы значительно увеличиваем площадь отбора и сокращаем время на изучение каждого квадратного километра. Крайне важно заниматься исследованиями состояния подводной мерзлоты, ведь при бурении глубоких скважин для добычи нефти и газа можно попасть в слой гидратов, что может привести к аварии с серьезными последствиями.

За последнее время у нас были публикации в авторитетных научных журналах, в том числе Nature Geoscience. В этой работе мы выполнили консервативную оценку выброса пузырькового метана из морей Восточной Арктики в атмосферу, эта величина была оценена в 18 млн т метана в год, что примерно в 2-3 раза больше, чем ранее считали для всего Мирового океана. Значит, скорость деградации газогидратов влияет на изменение климата. А что же влияет на газогидраты? По этому поводу ведутся споры, единого мнения до сих пор нет. Для того, чтобы газогидраты были стабильны, нужна низкая температура либо

повышенное давление, а лучше, когда и то и другое вместе. Сегодня море наступает на сушу. Когда, например, в ледниковую эпоху уровень моря опускался и на месте шельфа была тундра, там господствовали минусовые температуры (среднегодовая – до 20° С). Сейчас, когда туда пришло море, они стали плюсовыми. Причем температура постепенно растет: была, например, на два градуса выше нуля, теперь на четыре и т.д. И газогидраты начинают дестабилизироваться вследствие деградации подводной мерзлоты. Таким образом, чем больше и дольше море наступает на сушу, тем более интенсивно происходит деградация гидратов. Однако, подчеркну, что это гипотеза, которую нам еще предстоит доказать. Иначе говоря, поверхность Мирового океана растет.

Климатический цикл – это примерно 100 тыс. лет. В процессе этих циклов происходят колебания в ту или иную сторону: после ледниковых периодов уровень моря повышается примерно на 100-120 м, а после наступления нового периода похолодания опускается на то же расстояние. Если следовать данным расчетам, сейчас как раз должно идти глобальное похолодание. Однако мы этого не наблюдаем. В чем дело? Оказывается, этот цикл немножко сдвинулся, или сломался – как вам больше нравится. Почему? Вот это очень интересный вопрос. Думаю, за ответ на него дадут Нобелевскую премию. Наша точка зрения такова: деградация подводной мерзлоты, дестабилизация газогидратов, продолжающееся наступление моря вносят свой вклад в современные изменения климата. Для количественной оценки этого вклада нужно продолжить массированные исследования арктических морей на постоянной основе. Это очень дорого, но необходимо для всего человечества.

Теперь необходимо сказать о сибирских реках, их исследованиях. Обь – великая сибирская река, и взялись мы за нее неслучайно. Потепление в море происходит из-за того, что в него вливаются такие крупные реки, как Лена, Обь, Енисей, несущие огромное количество теплой пресной воды. Они понижают соленость, температура моря начинает увеличиваться, подводная мерзлота деградирует. Потепление началось не сейчас, а как минимум 15 тыс. лет назад. Именно поэтому мы видим сейчас его последствия.

Мы считаем, эта работа имеет с самого начала прикладное значение, потому что следующая ступень – постановка платформы и бурение, добыча важнейших полезных ископаемых, а это напрямую связано с нашей сегодняшней жизнью, то есть это не чистая наука, хотя фундаментальная наука здесь крайне важна. Экспедиции по решению этих проблем будут межведомственными. Сейчас много говорят, что нужно объединяться, и здесь участвуют несколько структур. Не только наш Томский политехнический университет, но и академия наук – Тихоокеанский океанологический институт Дальневосточного отделения РАН, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН под руководством заместителя директора института Леопольда Исаевича Лобковского, МГУ, Стокгольмский университет и др. У нас очень много молодых ученых – аспирантов, кандидатов наук, есть и доктора. Возрастной диапазон довольно широкий. Если говорить о морской экспедиции, то осуществлять ее будем на известном научно-исследовательском судне «Академик Лаврентьев». Для речной экспедиции зафрахтован теплоход в Салехарде, на котором мы разместили свои лаборатории, можно сказать, начали разнообразную исследовательскую технику.

Вообще важно помнить, что мы исследуем не столько дно морское, сколько затопленную часть суши – шельф. Это наша часть континента, его продолжение. Мы это доказали. Кстати, вот вам живая демонстрация того, как море может наступать

на сушу. Именно поэтому там так неглубоко. И когда мы изучаем дно, то находим не океанические, а континентальные осадки. Это территория, где раньше могли жить люди, обитать древние организмы, поэтому находки, имеющие археологическую и палеонтологическую ценность, вполне возможны.

### ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ ПЛАНЕТЫ КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В АРКТИКЕ

**И.П. Семилетов, профессор**

***Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия***



***Профессор И.П. Семилетов***

#### КРАТКАЯ СПРАВКА

*Семилетов Игорь Петрович – доктор географических наук, профессор, член-корреспондент РАН; научный руководитель Международной научно-образовательной лаборатории по изучению углерода арктических морей; старший научный сотрудник Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН (г. Владивосток); известный исследователь Арктики научные интересы – глобальное потепление планеты как результат экологических изменений в Арктике, исследования арктического сибирского шельфа как источника парниковых газов планетарной значимости. На свои научные исследования получил мегагрант Правительства РФ.*

В 2015 г. году ученые в рамках проекта Правительства РФ по изучению сибирского арктического шельфа выполнили три экспедиции в Арктику, чтобы оценить, насколько серьезным может быть влияние деградации подводной мерзлоты на климат и экологическую ситуацию на планете. Самая масштабная из них была в Северном Ледовитом океане. Она получила название SWERUS-C3. На единственном в мире научном ледоколе «Оден» в 100-дневной экспедиции участвовали около 80 ученых из разных стран.

Известно, что пул (резервуар) органического углерода (ОУ), захороненного в вечной мерзлоте суши, является сопоставимым с оценками пула ОУ почв на нашей планете. Поэтому процесс вовлечения ОУ деградирующей мерзлоты суши с его последующей трансформацией в форму парниковых газов — CO<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> — считается одним из важных факторов, влияющих на состояние климата. В то же время в мировом сообществе принято считать, что гигантский резервуар ОУ на Сибирском арктическом шельфе «заблокирован» подводной мерзлотой. В рамках нашего проекта мы показываем, что это не так: мегапул ОУ сибирского шельфа уже вовлечен в современный круговорот углерода.

Массированные выбросы метана (до сотен граммов с кв. метра в сутки) из шельфа Восточной Арктики были впервые обнаружены нашей группой. Эти работы были проведены в 2005–2013 годах и продолжаются в рамках мегапроекта ТПУ в содружестве с Тихоокеанским океанологическим институтом им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения РАН и другими партнерами. Результаты свидетельствуют о высокой степени деградации («дырявости») подводной арктической мерзлоты. Учитывая, что запасы ОУ в многокилометровой толще сибирского шельфа как минимум на 5 порядков превышают запасы ОУ, доступные для вовлечения в современный биогео-химический цикл из верхнего слоя наземной мерзлоты, становится очевидным, что вовлечения древнего ОУ из сибирского шельфа, уже трансформированного в форму CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub>, в современный цикл может