

ГАЗОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И УЧАСТИЕ ГАЗА В ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФАХ НА СУШЕ И МОРЕ

Обжиров А.И., Шакиров Р.Б.

*Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева (ТОИ) ДВО РАН, г. Владивосток,
obzhirov@poi.dvo.ru*

Введение

Лаборатории Газогеохимии ТОИ ДВО РАН выполняет изучение распределения природных газов в воде и донных осадках Охотского моря с 1984 года. Концентрации метана, тяжелых углеводородов (C₂-C₄), углекислого газа, водорода, гелия и их соотношения использовались как индикаторов для: 1) поиска месторождений нефти и газа; 2) картирования зон разломов, выявление их глубины проникновения и сейсмо-тектонической активности, и на этой основе прогноза землетрясений и цунами; 3) поиска газогидратов в комплексе с геофизическими исследованиями; 4) изучение формирования морфоструктур в донных осадках, которые образуются в районе выходов пузырей газа (метана) из донных отложений в воду. Поверхность дна нарушается, происходят оползни, провалы, бугры. Эти особенности важно учитывать при строительстве каких-то подводных объектов, в том числе скважин, газонефтепроводов. Отклонение концентраций и объемов газов от фоновых обычно связано или с природными факторами или антропогенным загрязнением. С одной стороны определяются источники поступления газа, с другой выясняется влияние их на окружающую среду и структурного изменения рельефа дна. Эффективность прогнозных оценок повышается при использовании геолого-геофизического комплекса исследований – акустических, геофизических, гидрологических, газогеохимических, морфоструктурных характеристик.

Некоторые результаты газогеохимических исследований в Охотском море

С 1984 г. по 1988 г. выполнялись газогеохимические исследования по контракту с трестом «Дальморнефтегеофизика» (г. Южно-Сахалинск) в Охотском море для выделения первоочередных объектов для бурения нефтегазопроисловых скважин на Сахалинском шельфе. На 6 структурах из 7, на которых был дан положительный прогноз, бурением вскрыты промышленные залежи нефти и газа, на 1 – непромышленные. На 3 структурах из 3, где был дан отрицательный результат, залежей углеводородов бурением обнаружено не было. В настоящее время на многих структурах, в которых перспектива нефтегазоносности была оценена газогеохимическим методом положительно, бурением были обнаружены залежи нефти и газа.

По данным газогеохимических исследований в Охотском море [1–3] первый поток пузырей метана был обнаружен нами в 1988 г. на Сахалинском северо-восточном склоне Охотского моря (рис. 1). В районе этого потока в 1991 г. в верхнем слое донных осадков (1–5 м от поверхности дна) были обнаружены газогидраты (рис. 2). Дальнейшие исследования показали рост количества потоков газа (преимущественно метана). В настоящее время их обнаружено более 500 на восточном шельфе и склоне Охотского моря (рис. 3). Вместе с ростом количества потоков пузырей метана увеличилась его концентрация в придонной воде в 5–10 раз, достигая 2000–5000 нл/л (рис. 4). Наблюдается взаимосвязь увеличения количества выходов метана и его концентраций в водной толще с эпизодами землетрясений в западной части Охотского моря и его прибрежной части (Кунаширское, 1994, Нефтегорское, 1995, Хоккайдское, 2003, Невельское, 2007 и др.)

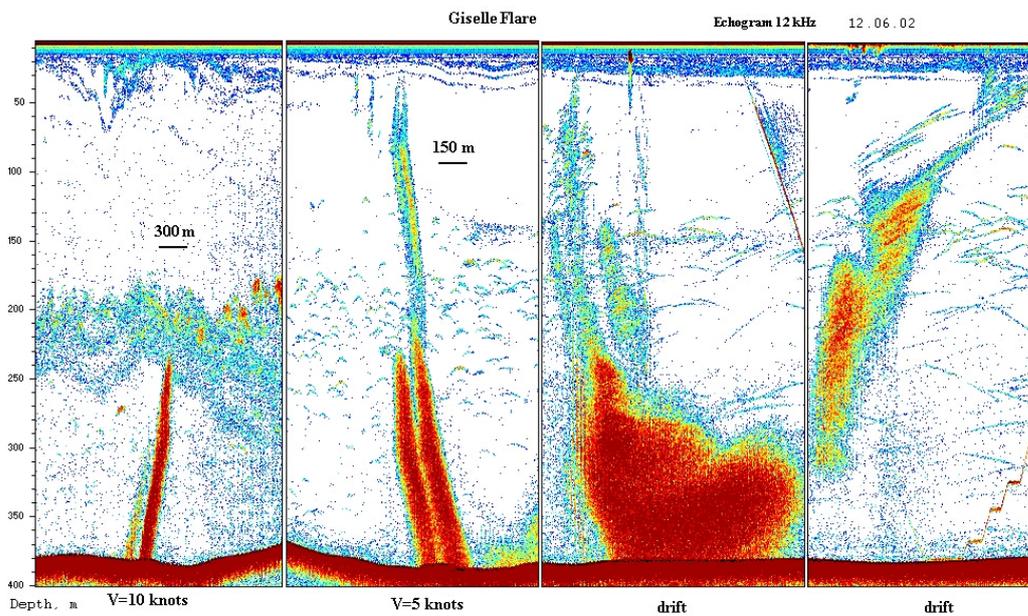


Рис. 1. Гидроакустическая запись выходов пузырей газа со дна моря в районе, где обнаружены газогидраты на Сахалинском восточном склоне Охотского моря (запись выполнена А.С. Саломатиным, 2002)



Рис. 2. Слои газогидратов (белый цвет) в донных осадках на Южной площади восточного Сахалинского склона Охотского моря

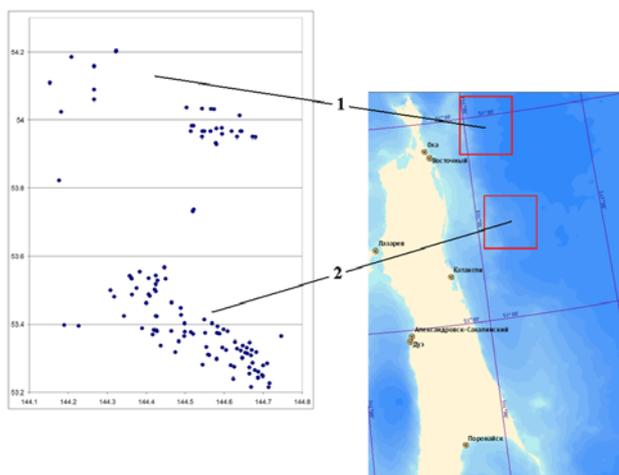


Рис. 3. Распределение обнаруженных выходов метана (показаны точками): 1 – северная площадь; 2 – Южная площадь. Сахалинский восточный склон Охотского моря

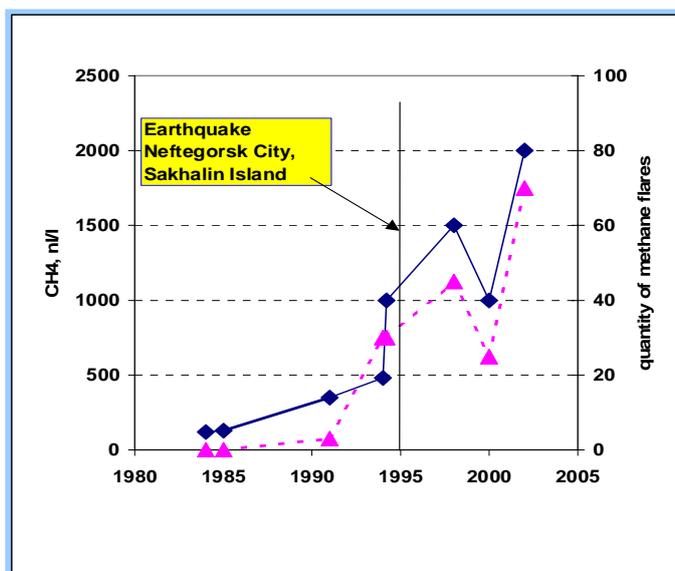


Рис. 4. Изменение концентраций метана (показано квадратами) в придонной воде (на оси справа) и количества потоков пузырей метана (показано треугольниками) из донных отложений в воду в Охотском море. Первый поток пузырей метана обнаружен в 1988 г. и концентрации метана были в пределах 80–100 нл/л. Затем отмечен рост концентраций метана в придонной воде и количества потоков пузырей метана из донных отложений в воду. Вертикальной линией отмечен эпизод Нefтегорского землетрясения.

Активные процессы в геологической среде

Какие газогеохимические процессы являются индикаторами природных явлений, которые требуется изучать и использовать для геологического картирования структур и зон разломов, прогноза газогидратов и залежей углеводородов, в том числе инженерного проектирования выполнения различной научной и хозяйственной деятельности в море и на суше [4–7].

На морском дне в районе зон разломов наблюдается миграция газов к поверхности, в воду и частично в атмосферу. В зависимости от источника газа, глубины его очага и мощности из донных осадков идут потоки газа в виде пузырей в воду. Состав газа может быть преимущественно метановым, если источник его нефте-газ-содержащие породы, углекислотным, в случае источником являются изверженные породы, наличие в газе водорода, гелия характеризует возможное его поступление из пограничных слоев литосферы и наличие сейсмической активизации.

В 2012 г. в ходе исследований по международной Российско-Японо-Корейской программе исследований газовых гидратов в Охотском и Японском морях (SSGH – Sakhalin Slope Gas Hydrates) впервые было обнаружено 17 выходов природного газа на дне западной части Курильской котловины и склоне залива Терпения, среди них один факел (F1, рис. 1) высотой более двух километров был обнаружен на глубине 2200 м, что значительно выше зарегистрированных ранее в Мировом океане. Сопоставление с геологическим строением территории показывает, что факел возник вблизи пересечения крупного продольного разлома с осложняющим его разломом северо-восточного простирания. В настоящее время многие исследователи пришли к выводу, что Курильская котловина является новообразованной структурой, в которой активный тектогенез и переработка земной коры продолжают и поныне.

Важным является тот факт, что этот поток газа в 2013 г. уменьшился в 2 раза, а в 2014 г. он исчез. Причиной этим событиям является сейсмическая активизация этого региона в 2012 г., в связи с чем на юге Охотского моря произошло землетрясение. В 2013 г. сейсмическая активность снизилась и в 2-а раза уменьшился поток газа, а в 2014 г. район сейсмически стабилизировался и поток газа исчез (рис. 5).

В районе потоков пузырей газа (метана) на морском дне образуются нарушения поверхности дна, ямки, бугры глубиной 20–40 м относительно друг друга, формируются более мощные нарушения дна в виде каньонов, на дне которых обнаруживаются также потоки пузырей газа.

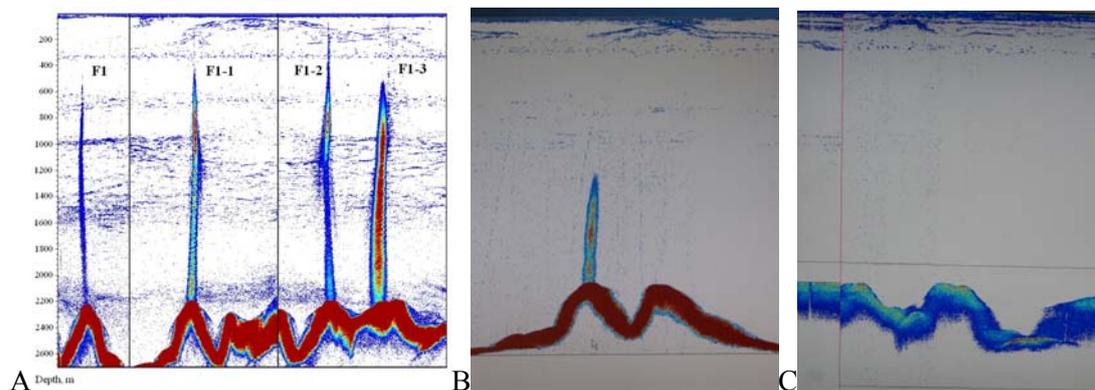


Рис. 5. Самый высокий поток газа (с метаном) на западном склоне Курильской котловины на глубине моря 2200 м. А – в 2012 г., в год землетрясения на юге Охотского моря, В – в 2013 г., год стабилизации после землетрясения в 2012 г., С – в 2014 г. на второй год после землетрясения.

В районе выхода потока пузырей метана в донных отложениях образуются газогидраты в зоне его стабильности, то есть, при высоком давлении и низкой температуре. При давлении 30 атмосфер, температуре 0 °С, при наличии метана и воды может образоваться газогидрат. В Охотском море при температуре придонной воды +2.4 °С газогидраты обнаружены на минимальной глубине моря 386 м, то есть, при повышении температуры для образования газогидрата требуется большее давление, то есть, увеличении глубины моря. При образовании газогидрата происходит вспучивание поверхности дна как при образовании льда. 1 см³ газогидрата, похожего на лед, содержит 160 см³ метана

Строительные или другие хозяйственные работы на морском дне (например, строительство буровых вышек, проводка трубопроводов, других строений) в районе потоков пузырей газа (метана) и (или) газогидратов является опасными. При повышении температуры газогидраты разрушаются и выделяется большое количество метана, а дно нарушается. В районе повышенной газонасыщенности донных отложений повышается опасность возникновения землетрясений в период сейсмических активизаций. Газ поднимается по трещинам разломов, расширяет их и является воздушной «подушкой» в результате чего, блоки легко скользят относительно друг друга, резко смещаются, возникает землетрясение и цунами.

Газогеохимические исследования как индикаторы также используются при проверке стабильности состояния морских нефте-газ-добывающих скважин. Важно установить возможные утечки газа (метана) из-за трубного пространства скважин и (или) законсервированных скважин. Например, лаборатория Газогеохимии по просьбе компании МАГЭ выполняла газогеохимические исследования по скважинам Киринской нефтегазоносной структуры Охотского моря. Отмечается очень высокая концентрация метана в придонном слое воды в районе всей площади Киринской структуры – от 2500 до 74000 нл/л. Фоновая концентрация метана в этом районе не превышает 100–200 нл/л. То есть, концентрации метана в придонном слое на Киринской структуре превышают в 10–100 и более раз фона. В районе скважин Киринская 1 и П4 нами обнаружены потоки пузырей газа. Концентрации метана в свободном газе очень высокие – **72–81%**. Концентрации метана в придонном слое в районе этих скважин аномально высокие – **2–136** мл/л. Это говорит о том, что газ поступает из залежи как из трещин цементации ствола скважины, так и, возможно, оперяющих трещин зоны разлома структуры. В настоящее время происходит высачивание метана из трещин цементации скважин, возможно, трещин зоны разлома структуры. Метан насыщает придонный слой воды и поверхность донных осадков. То есть, требуется ремонт цементации скважин.

На суше потоки флюидов, насыщенные газом (в основном метаном), создают структуры – грязевые вулканы. По зонам разломов газо-флюидная смесь создает каналы миграции ее к поверхности, создавая грязевые бугры с вытекающей смесью воды, газа и пелитовой фракцией разрушенных вмещающих отложений с брекчиями нижних горизонтов пород. Грязевый вулканизм широко распространен на Земле, в том числе на островах Хоккайдо и Сахалина вдоль продольной тектонической границы (грязевые вулканы Ниикаппу, Камихоронобе, Южно-Сахалинский, Пугачевский, Восточный), которая совпадает с зоной влияния Япономорского линеймента. В газовой фазе Южно-Сахалинского грязевого вулкана содержится метана 20% и углекислого газа 80%. По геологическим условиям и строению он похож на грязевые вулканы на о.Тайвань.

Япономорский линеамент выражен сейсмической активностью, сочетанием высокоамплитудных сдвигов, надвигов и взбросов, которые в районе исследования отвечают за положение участков газовой разгрузки. В западной части Охотского моря и острова Сахалин данный линеамент контролирует участки газо-флюидных проявлений (холодных сипов газовых потоков, газогидратов, грязевых вулканов и геотермальных источников) углеводородных и других газов (водорода, гелия, углекислого газа), которые, как правило, приурочены к узлам пересечения разрывных нарушений составляющих структурный план крупных разломных зон. Данные разломные зоны отражают положение сейсмо-активной конвергентной границы литосферных плит.

Выводы

Таким образом, газогеохимические исследования являются важным индикатором геологических процессов на суше и море и характеризуют участие газа в формировании геологической среды. Потоки газа указывают на наличие зон разломов, а увеличение их количества связано с процессами сейсмо-тектонических активизаций. В этот период наличие газа усиливает возможность происхождения катастрофических эпизодов в геологической среде в связи с внедрением газа по трещинам из недр к поверхности, создавая газовую подушку и облегчая резкое перемещение блоков относительно друг друга, что способствует возникновению землетрясений и цунами. Состав газа характеризует строение недр. Например, метан и тяжелые углеводороды (C1–C4) указывают на наличие в недрах залежей углеводородов, углекислый газ является индикатором изверженных и вулканогенных пород, водород и гелий характеризуют сейсмические активизации и проникновение разломов в литосферу. В районе потоков метана в верхнем слое морских осадков в зоне стабильности (высокое давление, низкая температура, наличие метана и воды) образуются газогидраты, которые внедряются в осадочные отложения и нарушают поверхность дна. На суше, в сейсмически активных районах и наличием газа, по зонам разломов мигрирует газо-флюидный поток, который участвует в формировании структур грязевых вулканов. Все эти проявления в геологической среде являются опасными для выполнения научных исследований и хозяйственной деятельности.

Список литературы

1. *Обжиров А.И.* Газогеохимические поля придонного слоя морей и океанов. М.: Наука, 1993. 139 с.
2. *Обжиров А.И.* История открытия газогидратов в Охотском море // Подводные исследования и робототехника. 2006. № 2. С. 72–82.
3. *Обжиров А.И., Пестрикова Н.Л., Мишукова Г.И., Мишуков В.Ф., Окулов А.К.* Распределение содержания и потоков метана на акваториях Японского, Охотского морей и прикурильской части Тихого океана // Метеорология и гидрология. 2016. № 3. С. 71–81.
4. *Обжиров А.И.* Газогидраты, методы их поисков и возможность добычи из них метана как альтернативного источника углеводородов // Сборник материалов VI Сахалинской молодежной научной школы "Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз", 3–8 октября 2016 г., г. Южно-Сахалинск. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016. С. 49–54. ISBN: 978-5-7442-1590-3.
5. *Обжиров А.И.* Комплекс газогеохимических и геофизических критериев геологических исследований и прогноз залежей углеводородов в морских условиях // Сборник материалов VI Сахалинской молодежной научной школы "Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз", 3–8 октября 2016 г., г. Южно-Сахалинск. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016. С. 55–59. ISBN: 978-5-7442-1590-3.
6. *Обжиров А.И., Болобан А.В., Веникова А.Л.* Газогеохимические исследования и робототехника в инженерном проектировании на морском дне // Подводные исследования и робототехника: глубины океана – наша гигантская лаборатория. 2016. № 1 (21). С. 66–71. ISSN 1992-4429.
7. *Obzhirov A., Shakirov R., Salyuk A. et al.* Relations between methane venting, geological structure and seismo-tectonics in the Okhotsk Sea // Geo-Marine Letters. 2004. Vol. 24. P. 135–139.