

ВЫДЕЛЕНИЕ КИСЛОРОДА В СОСТАВЕ ГЛУБИННЫХ ФЛЮИДОВ ЛИТОСФЕРЫ КАК ПРИЧИНА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**А.Б. Капочкина, Б.Б. Капочкин,
Н.В. Кучеренко**

Одесский государственный
экологический университет,
г. Одесса, ул. Львовская, 15
E-mail:tsb1@mail.ru

Приведены данные выделения кислорода из литосферы. Изучен состав флюида, содержащего кислород. Высказана гипотеза об участии кислорода в формировании очагов землетрясений посредством взрыва с образованием в качестве продуктов взрыва воды, гомологов метана, углекислого газа, алмазов и др.

Введение. Известно, что почти девять десятых массы Земли приходится на долю четырех химических элементов: кислорода (входящего в состав окислов), кремния, алюминия и железа. Температура Земных недр лишь местами могла доходить до 1600 °C, в основном составляя около 1200 °C. Согласно современным представлениям, атмосфера и гидросфера возникли в результате дегазации магмы, выплавляющейся при вулканических процессах из верхней мантии и создающей земную кору.

Современные вулканические газы на 75 % состоят из воды. В итоге почти весь водяной пар из состава вулканических газов должен был конденсироваться, формируя гидросферу. В этот первичный океан переходили, растворяясь в воде, и другие составные части вулканических газов – большая часть углекислого газа, "кислые дымы", окиси серы и часть аммиака.

В расплавленном базальте (в астеносфере) при температуре 1000 °C и давлении 5 – 10 тыс. атмосфер растворено до 7–8 % H₂O: именно столько воды дегазируется при излиянии лав. Процесс увеличения объема гидросферы будет продолжаться, постепенно замедляясь,

пока на Земле не прекратятся вулканические процессы.

Вода первичного океана имела различные примеси. "Кислые дымы", растворяясь в воде, давали галогеновые кислоты, которые тут же реагировали с силикатами – основным компонентом горных пород, и извлекали из них эквивалентное количество металлов (прежде всего – щелочных и щелочноземельных: Na, Mg, Ca, Sr, K, Li). При этом, во-первых, вода из кислой становилась практически нейтральной, а во-вторых, соли извлеченных из силикатов элементов переходили в раствор; таким образом, вода океана с самого начала была соленой. Концентрация катионов в морской воде совпадает с распространностью этих металлов в породах земной коры, а вот содержание основных анионов (Cl⁻, Br⁻, SO⁴⁻, HCO³⁻) в морской воде намного выше того их количества, которое может быть извлечено из горных пород. Поэтому полагают, что все анионы морской воды возникли из продуктов дегазации мантии, а все катионы – из разрушенных горных пород.

Кислород, в отличие от углекислоты, плохо растворим в воде (соотношение между атмосферным CO₂ и растворенным в воде как 1:60, а для O₂ это соотношение как 130:1), поэтому почти весь кислород переходит в атмосферу.

Известно, что вулканические газы в виде перегретых паров воды, углекислого газа, азота, водорода, аммиака, кислых дымов, благородных газов и кислорода формировали праатмосферу [1]. В это время накопление кислорода в атмосфере не происходило, поскольку он расходовался на окисление кислых дымов (HCl, SiO₂, H₂S). Природные газы, в основном горючие, (углеводородные) образуют в литосфере крупные скопления. Их количество в геосферах Земли возрастает вглубь планеты. Общая масса газов в осадочном слое 0,214·10¹⁵ т., в "гранитном" и базальтовом слое 7,8·10¹⁵ т. и в верхней мантии 435·10¹⁵ т. По химическому составу – это смесь углеводородов, азота, углекислого газа, сероводорода, кислорода, водорода, окиси углерода, сернистого газа, аргона, ксенона, неона, гелия, криптона, паров ртути, летучих жирных кислот и др.

Вулканические газы поступают из глубин Земли и связаны с дегазацией магмы. Газы катагенетического происхождения – результат преобразования рассеянного органического вещества осадочных пород при их погружении на глубины, и одновременном увеличении давления от 9,8 до 245 МПа и температуры (от 25 – 30 °С до 250 – 300 °С). Состав газов преимущественно смесь углеводородных с добавлением углекислого газа, азота, сероводорода и др. При дальнейшем повышении давления и температуры породы дают начало газам метаморфизма, а при расплавлении пород – газам возрождения. Выделение газа в свободное состояние (образование залежей) обязано гравитационным силам и свойственно, прежде всего, неполярным: углеводородным, углекислым и азотно-углеводородным газам. Встречаются чисто углекислые и азотные скопления. Известно свыше 30 тыс. чисто газовых залежей, объемы которых до триллиона м³). В угленосных слоях в свободном и сорбированном состоянии находится 240–260 трлн. м³ газа.

Изложение основного материала.

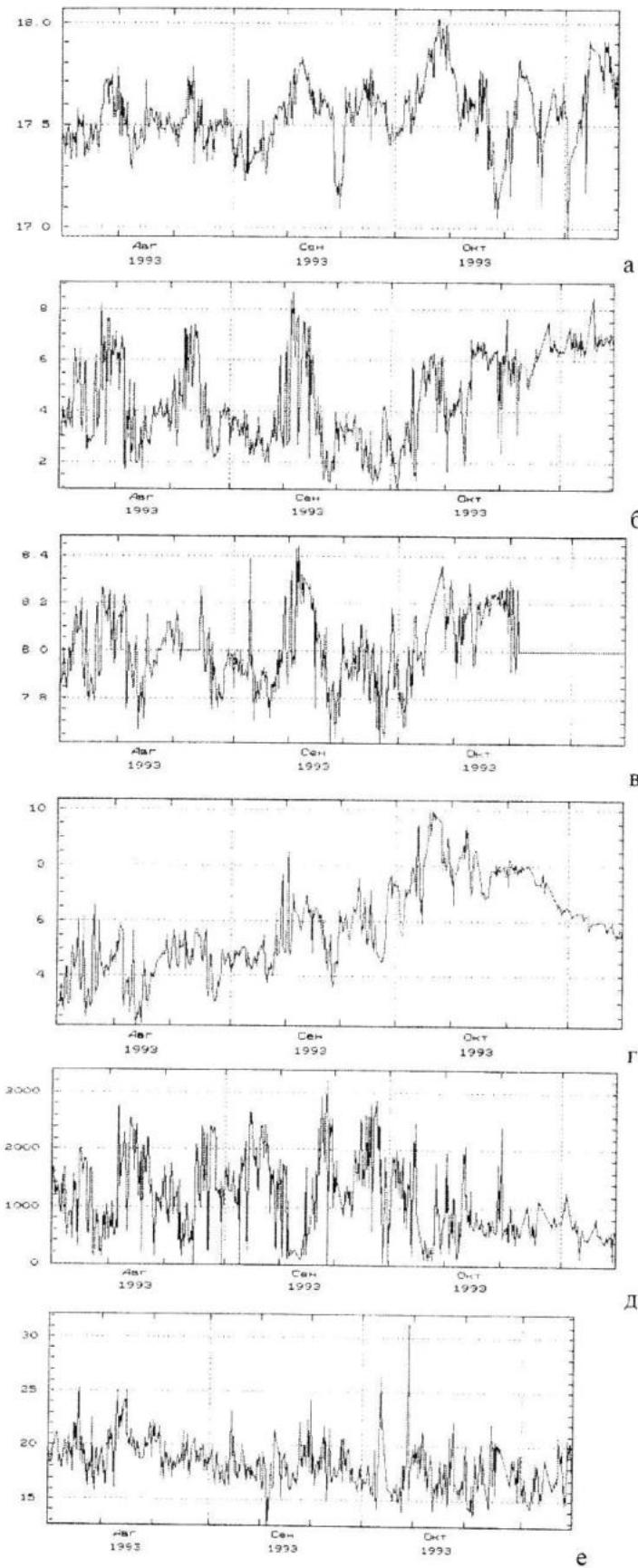
Сведения о выделении кислорода из литосферы содержатся в работах [1 – 6]. Первые фактические данные о выделении кислорода из литосферы в зоне спрединга в Атлантике опубликованы К.К. Зеленовым [4]. Аналогичные результаты были неоднократно получены и во время экспедиций Института биологии Южных морей АН УССР в Средиземном море [4]. Кроме этого, фактические измерения кислорода в сероводородной зоне Черного моря были выполнены МГИ НАНУ [5]. Во время экспедиции на НИС «Антарес» в связи с Румынским землетрясением 30.08.1986 г., в районе ЮБК в придонных водах зон субмаринной разгрузки флюидов были зафиксированы концентрации кислорода до 15,7 мл/л. Важно отметить, что аномалии кислорода, полученные методом «Винклера», подтвердились хроматографическими методами анализа [4].

Для изучения закономерностей обмена литосферы и гидросферы был выполнен реанализ данных натурных экс-

периментов по изучению предвестников землетрясений, которые проводились в районе Ялты в 1982 г. [4]. С борта НИС «Мечников» осенью 1982 года проводились измерения вертикального распределения температуры, электропроводности, pH, фосфатов, кремнекислоты, кислорода, концентрации растворенных газов и компонентного состава углеводородных газов. Через каждые 2 часа велись измерения на расстоянии 1; 5; 15; 20 метров от дна. Наблюдения на стандартных горизонтах выполнялись через каждые 8 часов. Полученные материалы изначально анализировались с позиций поиска предвестников близкого землетрясения, зафиксированного 26 ноября 1982 г. в 18 ч. 55 мин. Прямыми измерениями выявлена положительная аномалия концентраций растворенного кислорода 29-30 ноября 1982 г., после землетрясения на расстоянии 15 м над дном. В эти же сроки в 5 метрах выше фиксировалась положительная аномалия объема растворенных газов, а 30 ноября и 1 декабря 1982 г. зафиксированы концентрации самого «тяжелого» из зарегистрированных гомологов метана – бутилена.

Был также изучен процесс выделения из литосферы кислорода в зоне субмаринной разгрузки флюидов в Авачинской бухте (Тихий океан) в период активизации сейсмичности в 1993 году, когда было зафиксировано два мощных землетрясения в июне и ноябре 1993 года. Проанализировав изменчивость концентраций кислорода в пробах с высокими концентрациями хлоридов, было обнаружено, что наряду с хлоридами, были повышены и концентрации растворенного кислорода. 12–14 сентября 1993 г. концентрации кислорода у дна (20 м) превышали концентрации на глубине 15 м более чем на 6 мл/л.

Был изучен геохимический состав флюида, содержащего кислород (рис. 1). В отличие от обычного состава субмаринных флюидов, этот был более щелочным и не содержал высоких концентраций силикатов, имел повышенную температуру, высокую газонасыщенность и высокие концентрации хлориона.



Р и с. 1. Изменение во времени физико-химических характеристик субмаринного флюида
 (а – концентрации хлор-иона (%); б – кислорода (мл/л); в – pH; г – температуры (°С);
 д – силикатов (мкг/л); е – растворенных газов, без учета кислорода (мл/л))

Рассмотрим возможные последствия выделения кислорода из литосферы. Выше упоминалось, что литосфера содержит большие объемы горючих газов, в том числе метан и водород. Экзотермические реакции этих газов с кислородом известны. Их продуктами являются вода, окись и двуокись углерода. В результате взрыва, при реакции кислорода с метаном возможно преобразование метана, не вступившего в реакцию (в жестких термобарических условиях), в гомологии метана вплоть до парообразных и жидких углеводородов. Если предположить на больших глубинах в условиях высокого давления и температуры одновременное поступление кислорода в подземные пространства, содержащие эти газы, то в результате реакции окисления произойдет взрыв. Учитывая, что амплитудно-частотные характеристики взрывов и землетрясений не имеют отличий, причиной землетрясения может быть именно этот процесс. Известно, что землетрясения возникают в результате геодеформаций после фазы растяжения в земной коре [7], когда вертикальная миграция флюидов, в том числе кислорода резко возрастает. Рассмотренный механизм позволяет объяснить причины не только коровых, но и мантийных землетрясений. Эффекты подземных взрывов давно известны. Газово-взрывные воронки (маары, диатремы) представляют собой своеобразный тип вулканов газово-взрывной категории. Маар представляет собой кратер потухшего вулкана, извержение которого состояло из одного взрыва и выброса газов. Ко дну маара подходит вулканический канал, или трубка взрыва, по которой газы магматического очага вырываются на поверхность. Южноафриканские диатремы, встречающиеся в районе г. Кимберли, представляют собой широкие каналы с диаметром от 100 до 600 м. Газы, способствующие образованию брекчии, связаны с ультраосновной магмой, продукты которой иногда находятся в кимберлитах. В кимберлитах в большом количестве встречаются алмазы. Характер породы свидетельствует об очень большом давлении и высокой температуре, имевших место в диатреме в период взрыва. Гигантские трубы взрывов диаметром в несколько километров имеются в России в Якутии, в области Сибирской платформы. Эти сибирские трубы взрыва так же, как и африканские, являются ал-

мазоносными. Считается, что образование маар и диатрем связано, таким образом, с основной и ультраосновной магмой (до 45 % SiO_2), располагающейся на очень большой глубине. Современные маары и трубы взрывов встречаются на Гавайских островах, в Исландии и вблизи некоторых вулканов Камчатки.

Выводы. В результате анализа геохимии субмаринных флюидов, выделяющихся из литосферы в условиях сжатия и растяжения, в том числе в эпицентralной зоне сильного землетрясения установлены закономерности выделения из литосферы кислорода. Выдвинута гипотеза формирования землетрясений, как результата реакции кислорода с горючими газами литосферы. Сформулированы новые положения о природе трубок взрыва, механизмах образования алмазов и жидких углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов В.А. Геохимия газов земной коры и атмосферы. Геохимия природных газов. – М., 1966; Природные газы осадочной толщи. – Л. – 1976; Высоцкий И.В. Геология природного газа. – М., 1979.
2. Блатов В.И. История кислорода земной атмосферы. – М.: «Недра», 1985. – 86 с.
3. Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1972. – 307 с.
4. Михайлов В.И., Капочкина А.Б., Капочкин Б.Б. Взаимодействие в системе литосфера-гидросфера. – Одесса, Астропринт. – 2010. – 156 с.
5. Михайлов В.И., Капочкин Б.Б., Капочкина А.Б. Генезис кислорода, поступающего в Мировой океан с субмаринными флюидами // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – С. 433 – 435.
6. Троцюк В.Я., Берлин Ю.М., Большаков А.М. и др. Газы природных вод Черного моря, Литология и геохимия осадкообразования в приустьевых районах западной части Черного моря. – М.: АН СССР. – 1987. – С. 108 – 116.
7. Учитель И.Л., Дорофеев В.С., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б. Геодинамика. Основы динамической геодинамики. – Одесса, Астропринт. – 2007. – 312 с.