

после азимутальной селекции (см. рис. 3, а). При этом соотношение амплитуд максимумов в спектре кривой землетрясений близко к соотношению амплитуд максимумов в спектре кривой приливных касательных напряжений.

Таким образом, выявленные закономерности позволяют утверждать о существенном влиянии приливного вибровоздействия как триггерного механизма при возникновении землетрясения. Кроме того, выполненные исследования позволяют утверждать о необходимости учета особенностей тектонического строения территории исследования, для которой выполняется анализ взаимосвязи геодинамических процессов с лунно-солнечными приливами.

1. Николаев В. А. Исследование напряженного состояния литосферы на основе анализа связи земных приливов и сейсмичности. – Москва: Наука, 2003. – 236 с.
2. Довбнич М. М. Оценка влияния космогонических факторов на напряженное состояние тектоносферы // Наук. вісн. НГУ. – 2007. – № 4. – С. 34–42.
3. Довбнич М. М. Влияние вариаций ротационного режима Земли и лунно-солнечных приливов на напряженное состояние тектоносферы // Доп. НАН України. – 2007. – № 11. – С. 105–112.
4. Шило Н. А., Ваццлов Ю. Я. Земные приливы как тектонический насос и вибратор // Докл. АН СССР. – 1989. – 307, № 4. – С. 833–836.
5. Мельхиор П. Земные приливы. – Москва: Мир, 1968. – 482 с.
6. Абалакин В. К. Астрономический календарь. Постоянная часть. – Москва: Наука, 1981. – 704 с.

Национальный горный университет, Днепрпетровск

Поступило в редакцию 26.03.2008

УДК 553.98:550.4:551.21:549.214

© 2008

Член-корреспондент НАН Украины А. Е. Лукин

## Самородный алюминий в коллекторах нефти и газа

*The presence of morphologically various aluminum particles of assorted sizes within different-aged and petrographically diversified petroliferous reservoirs is established. It has been proposed that chemically active native Al has great role as a catalyst of the petroleum origin.*

Целенаправленное изучение обширной коллекции пород продуктивных горизонтов нефтяных и газовых месторождений различных регионов в широком стратиграфическом (докембрий — кайнозой), формационном (все основные формации осадочного чехла и кристаллического фундамента), фазово-геохимическом (нефть и битумы, газоконденсатные системы, жирные и сухие газы) диапазонах с применением сканирующей электронной микроскопии и рентгеноспектрального зондирования<sup>1</sup> позволило открыть важное природное явление. Суть его заключается в том, что коллекторы нефти и газа, сформированные на самом разнообразном породном субстрате (терригенные, карбонатные, кристаллические породы), “заражены” дисперсными частицами самородных металлов [1]. При этом, наряду с железом, медью, цинком, свинцом и их природными сплавами (интерметаллидами, твердыми

<sup>1</sup>Нами была использована ранее разработанная М. И. Новгородовой и другими исследователями система критериев, позволяющих отличать природные самородно-металлические частицы и их агрегаты от техногенных образований [2].

растворами) с другими металлами, установлено присутствие в самородном состоянии хрома, никеля, олова, сурьмы, цинка, свинца, титана, индия, серебра и др.

Важно отметить наличие в самородном состоянии оксифильных металлов, открытие которых в восстановленной форме в свое время внесло существенные коррективы в традиционные представления о минералообразующих флюидных системах [2]. В первую очередь это относится к алюминию, самородное состояние которого в земной коре (и в значительной мере — в мантии) при соответствующих термодинамических параметрах (температура, давление, фугитивность кислорода и т. д.) и химическом составе ранее казалось невероятным. Напомним, что первые находки самородного алюминия (СА) были сделаны в конце 70-х — начале 80-х годов прошлого века в трапзах Сибирской платформы [3], золотоносных гидротермальных жилах на Южном Урале [4], кимберлитах Якутии [5], в гидротермальных рудах Никитовского ртутного месторождения [6], а также в океанических осадках [7]. Знаменательно, что и в лунном грунте частицы СА были установлены [8] практически одновременно с первыми находками его на Земле.

В последующие годы географический и геологический диапазоны находок СА существенно увеличились. Они были обнаружены рядом исследователей в разнообразных магматических породах (габбро-базальты, диабазы, лампроиты, пикриты, липариты и др.), рудоносных скарнах, березитах и пропилитах, разнообразных трубках взрыва, в вулканических эксгалляциях, продуктах грязевого вулканизма и т. п. Обзоры этих находок даны в публикациях [2, 9], а также в [10].

Во всех указанных земных объектах условия и механизмы образования СА неясны и находятся в противоречии с термодинамикой и химизмом магматических, гидротермальных процессов. Это относится к цинку, хрому и некоторым другим элементам, которые, подобно алюминию, “не могут быть осаждены и закристаллизованы в присутствии воды и углекислоты” [2, с. 5]. Вероятно, образование СА и в магматических породах, и в гидротермальных жилах связано с безводными трансмагматическими (трансгидротермальными) суперглубинными водородно-углеводородными флюидами, а его длительная сохранность в различных неблагоприятных условиях обусловлена образованием пассивирующей оксидной пленки и минеральным запечатыванием. О принципиальной возможности образования СА из таких флюидов свидетельствует его присутствие в шунгитах [11]. Кстати, наличие сферул Al (рис. 1) в шунгите Кызыловской зоны глубинных разломов (Восточный Казахстан) свидетельствует о том, что аналогичные и пластинчатые формы частиц Al в лунном реголите могут быть связаны не с импактнообусловленной сегрегацией атомов Al, предварительно восстановленных при действии на алюмосиликаты солнечного ветра и жесткого космического излучения [8], а с эндогенными процессами, о чем свидетельствуют новейшие данные [12].

По-видимому, такова же природа СА, обнаруженного во вторичных порах пород-коллекторов, к которым приурочены нефтяные залежи таких месторождений, как Леляковское и Гнединцевское (Днепровско-Донецкая впадина), Куюмбинское (Восточная Сибирь), Талинское (Западная Сибирь, Среднеширотное Приобье).

Основная часть самой крупной в Украине нефтяной залежи **Леляковского месторождения** приурочена к карбонатному резервуару, который представляет метасоматически доломитизированную нижнепермскую рифовую постройку. Биоморфные известняки замещены здесь кавернозно-пористыми кристаллически-зернистыми доломитами с разнообразной (пирит, галенит и др.) сульфидной минерализацией. Изотопно-геохимические данные свидетельствуют об участии в процессах вторичной доломитизации глубинных флюидов (киммерийская фаза тектонотермальной активизации) [13]. СА приурочен здесь к вторичным

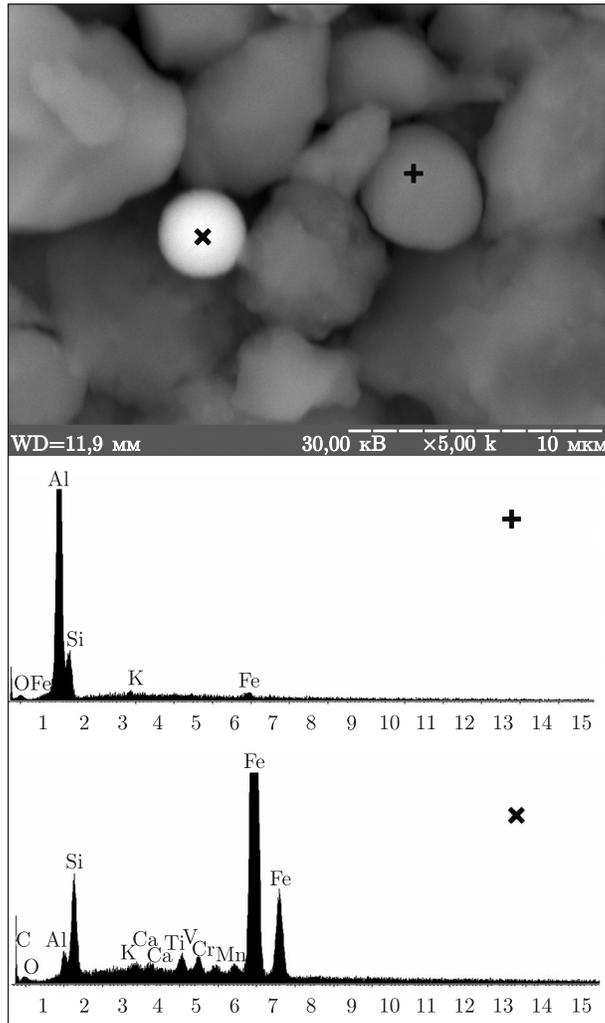


Рис. 1. Сферылы самородного Al и Fe (с примесями) в шунгите Кызыловской зоны (Восточный Казахстан)

микропустотам (порам, кавернам, кавернам-трещинам). Характерны разнообразные деформации алюминиевых включений как сингенетичные их обособлению (рис. 2, а), так и обусловленные последующими тектоническими напряжениями и скольжением по поверхности диаклазов (см. рис. рис. 2, б). В целом для них характерна столь же сложная морфология, что и для включений СА в габбро-долеритах трапшов Сибирской платформы [3] и золотоносных гидротермальных жилах Южного Урала [2]. Неровные (“изъеденные”) очертания (см. рис. 2, а) свидетельствуют об агрессивном влиянии щелочной среды (рН поровых растворов в доломите достигает 8–9) в момент формирования (микро)включений самородного Al (элемента с резко выраженной амфотерностью) до формирования пассивирующей оксидной пленки. В отдельных пробах присутствие СА фиксируется по данным рентгеноструктурного анализа. Как и для Al из гидротермальных руд [2], наиболее интенсивным на дифрактограмме Al-содержащего нефтеносного вторичного доломита Леяковского месторождения является рефлекс 0,235–0,236 нм (для Al из габбро-долеритов и океанических осадков наиболее сильная линия, как указано в соответствующих работах, — 0,232 нм).

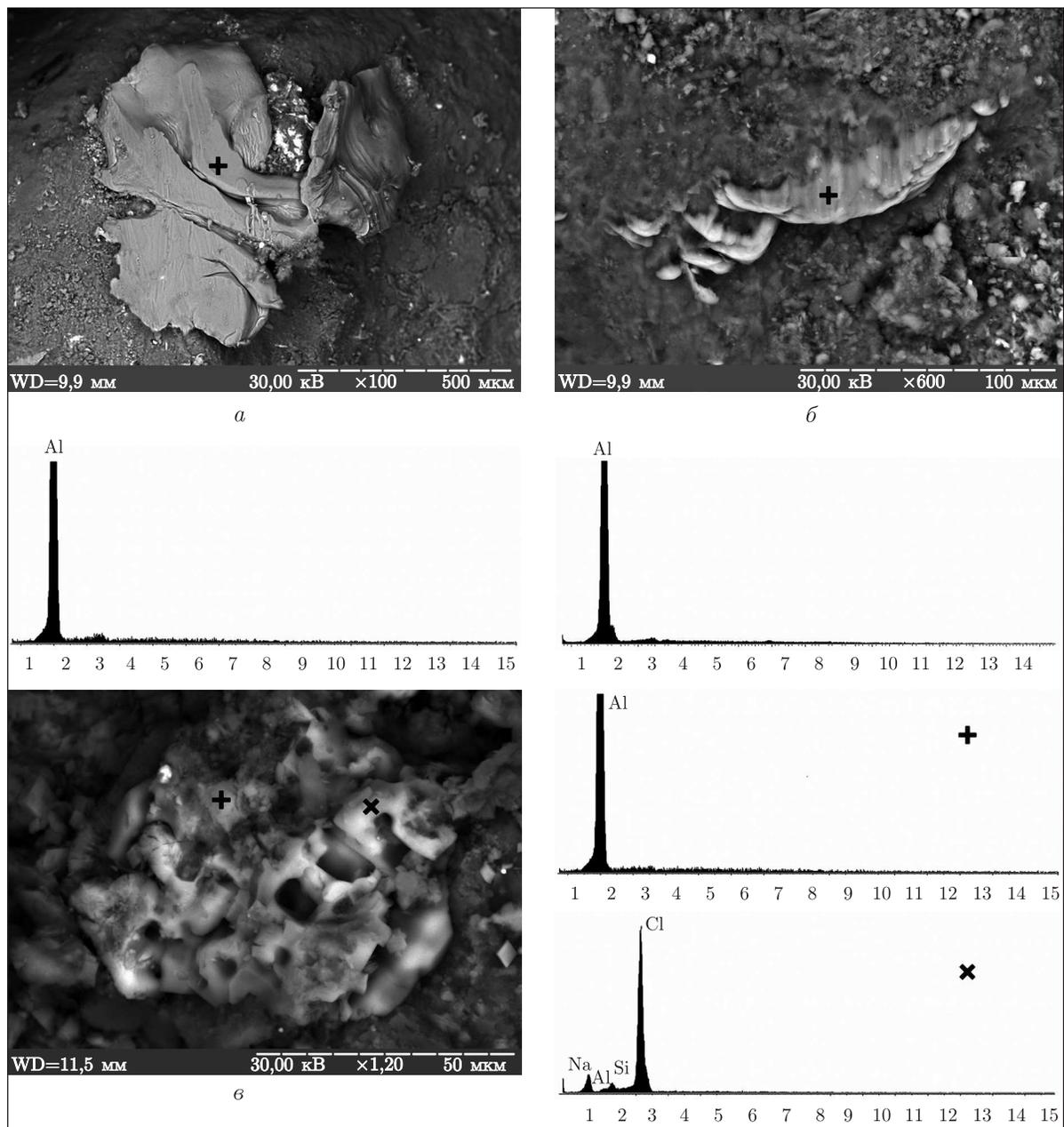


Рис. 2. Самородный Al в нефтеносных доломитах Лебяковского (а, б: скв. 301, гл. 1945,5–1950 м) и Гнединцевского (в: скв. 212, гл. 1788–1793 м) месторождений Днепровско-Донецкой впадины

На крупном **Гнединцевском месторождении**, расположенном, как и Лебяковское месторождение, на южном обрамлении Сребненской нижнепермской соленосной депрессии Днепровско-Донецкой впадины, резервуар массивно-пластовой нефтяной залежи сложен преимущественно песчаниками нижней перми — верхнего карбона и лишь на юго-восточном крыле Гнединцевской брахиантиклинали недавно были вскрыты нижнепермские нефтенасыщенные вторичные доломиты. Как и на Лебяковском месторождении, в них по элект-ронно-микроскопическим и рентгеноструктурным данным, наряду с беспримесным

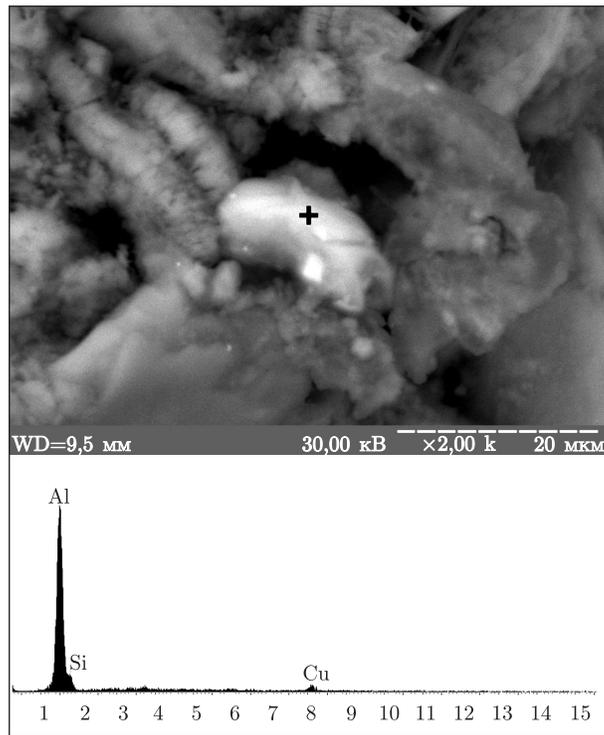


Рис. 3. Самородный Al во вторичной поре (каверне) нефтеносного коллектора Талинского месторождения (Западная Сибирь)

самородным железом, а также медью, свинцом, цинком и др., установлено присутствие СА. Особый интерес представляют его агрегаты с галитом, в которых присутствуют зерна железа и других самородных металлов (см. рис. 2, в). По данным М. И. Новгородовой [2, с. 237], “включения галита и сильвина обнаруживаются практически во всех зернах алюминия; налеты этих же минералов установлены также на поверхности лунных частичек алюминия”.

Коллекторы гигантского нефтяного **Талинского месторождения** в Среднеширотном Приобье представляют собой трещинно-кавернозно-вторичнопоровые метасоматиты, связанные с гипогенно-аллогенетическими преобразованиями катагенетически окварцованных нижнеюрских песчано-грубообломочных пород с редуцированной первичной пористостью [13]. Наряду с железом, никелем, цинком, внутри вторичных пор (каверн) установлены разнообразные по морфологии включения СА. Отмечены, в частности, агрегаты его волокнистых и пластинчатых частиц (рис. 3).

Разнообразные проявления СА установлены в нефтегазоносных трещинно-кавернозных рифейских доломитах гигантского **Куломбинского месторождения** в Восточной Сибири. Наряду с включениями пластинок и гранул здесь также обнаружены гранулярно-волокнистые агрегаты (рис. 4, а) и пленки (рис. 4, б).

Несмотря на стохастический характер распределения самородно-металлических частиц и ограниченность наблюдений, приведенные выше данные позволяют вполне определенно выделить **нефтегазоносные коллекторы как новый тип природных объектов, содержащих СА**. По химическому составу (содержание Al свыше 95%) и морфологическим особенностям он близок к включениям СА в основных магматических породах и Au, Hg-носных гидротермальных жилах. Более того, приведенные данные позволяют предпо-

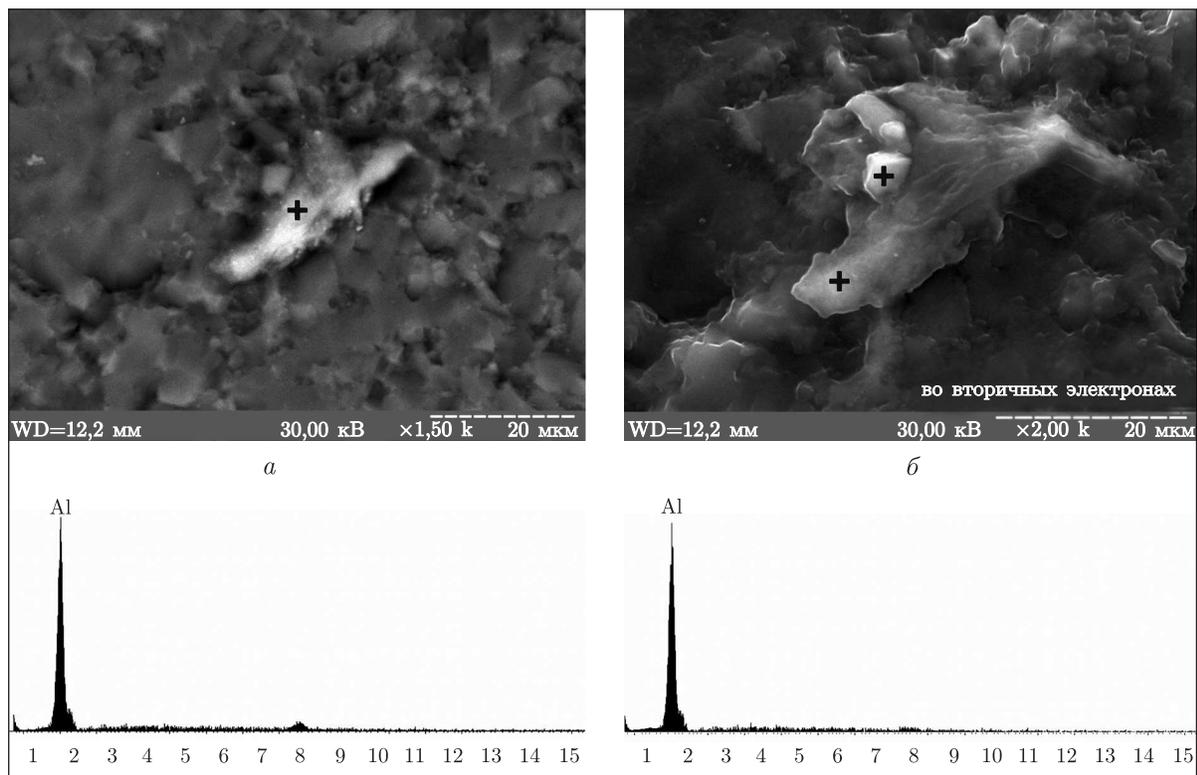


Рис. 4. Игольчато-пластинчатый агрегат (а) и пленка (б) самородного Al в нефтеносном доломите Кююбинского месторождения (Восточная Сибирь) (скв. К-220, гл. 2527,2–2533,3 м)

ложить, что его морфологическое разнообразие в нефтегазоносных коллекторах гораздо выше. Вместе с тем следует отметить, что частота встречаемости в них алюминия, по сравнению со многими другими самородными металлами, существенно ниже. Это относится не только к железу, меди, а также серебру, олову, свинцу, цинку, но и к гораздо более редким металлам. В этом отношении показательны данные изучения включений самородных металлов в коллекторах уникального нефтяного месторождения **Белый Тигр** (Южно-Вьетнамский шельф), основная массивная залежь которого связана с разуплотненными метасоматически преобразованными магматическими породами. По сравнению с другими изученными автором объектами они характеризуются наибольшим разнообразием дисперсных металлических частиц, представленных железом, цинкистой медью (латунью), хромферридом, а также медью, свинцом, цинком, серебром, никелем, хромом и др. Здесь в самородном состоянии установлены титан, индий и некоторые неизвестные ранее интерметаллические соединения [14]. На некоторых рентгенограммах, помимо самородного железа, цинка, свинца, цинкистой меди, отмечены также линии, характерные для СА. Однако по электронно-микроскопическим данным его частицы здесь пока не обнаружены. Наряду со стохастическим характером распределения дисперсных самородно-металлических частиц, особенно ярко выраженным в данном случае (эксплозивные факторы разуплотнения гранитного массива), это отражает неравномерность его распределения в нефтегазоносных коллекторах. Разумеется, в какой-то мере это связано с химическими особенностями Al как *p*-металла (подавляющее большинство природных самородных металлов, как известно, относится

к *d*-элементам). Однако, по-видимому, не это главное, поскольку в (супер)глубинных безводных водородно-углеводородных флюидах в самородное состояние могут переходить и такие элементы, которые в условиях земной коры и верхней мантии сразу же окисляются.

Вообще говоря, самородное состояние любого элемента в присутствии кислорода, воды, углекислого газа является метастабильным. Однако степень этой метастабильности варьирует в очень широких пределах. Есть все основания полагать, что при взаимодействии суперглубинных высокоэнтальпийных сухих водородно-углеводородных флюидов с породами литосферы возможно появление в самородном состоянии гораздо более широкого диапазона элементов, включая кремний, щелочноземельные и щелочные металлы. Несмотря на эфемерность существования, они могут играть важную каталитическую роль в процессах эндогенного минералообразования и органического синтеза. По-видимому, масштабы образования самородных металлов, связанного с трансмагматическими (и трансгидротермальными) флюидными потоками, были гораздо больше, а мы при изучении пород и прочих минеральных агрегатов земной коры имеем дело лишь с сохранившимися, благодаря оксидной пассивирующей пленке и (поли)минеральной изолирующей оболочке, их реликтами. К алюминию это относится в полной мере. Масштабы его образования при указанном взаимодействии, вероятно, особенно велики, о чем свидетельствует морфологическое многообразие его реликтовых включений и широта геологического диапазона их встречаемости. Однако осажденная при этом основная масса СА обладает высокой реакционной особенностью, свойственной алюминию без пассивирующей оксидной пленки. Этот химически активный Al, взаимодействуя с водой в присутствии других металлов, образует разнообразные соединения с большой каталитической активностью. Метод синтеза дисперсных пористых термостойких материалов с разнообразными каталитическими свойствами при взаимодействии активированного Al с водой и другими соединениями применяется для производства алюмооксидных и алюмохлоридных катализаторов, широко используемых при синтезе разнообразных углеводородов [15]. Таким образом, есть основания предполагать большую роль дисперсного химически активного Al (в коллекторах сохраняется лишь ничтожная его часть) как катализатора природных процессов изомеризации, олигомеризации и алкилирования углеводородов.

1. *Лукин А. Е.* Частицы самородных металлов, карбидов и силицидов во вторичных коллекторах нефти и газа – трассеры суперглубинных флюидов // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы : Материалы Всерос. совещ. – Москва: ГЕОС, 2008. – С. 293–296.
2. *Новгородова М. И.* Самородные металлы в гидротермальных рудах. – Москва: Наука, 1983. – 287 с.
3. *Олейников Б. В., Округин А. В., Лескова Н. В.* Петрологическое значение находок самородного алюминия в базитах // Докл. АН СССР. – 1978. – **243**, № 1. – С. 425–432.
4. *Новгородова М. И.* Находка самородного алюминия в кварцевых жилах // Там же. – 1979. – **248**, № 4. – С. 965–968.
5. *Самородное* минералообразование в магматическом процессе // Тез. докл. – Якутск: Якут. фил. СО АН СССР, 1981. – 120 с.
6. *Купенко В. И., Осадчий Е. Г.* Самородный алюминий в рудах Никитовского рудного месторождения // Самородное минералообразование в магматическом процессе // Тез. докл. – Якутск: Якут. фил. СО АН СССР, 1981. – С. 87–90.
7. *Штеренберг Л. Е., Васильева Г. Л.* Самородные металлы и интерметаллические соединения в осадках северо-восточной части Тихого океана // Литология и полезн. ископаемые, 1979. – № 2. – С. 185–191.
8. *Ашишмина Н. А., Богатиков О. А., Горшков А. И. и др.* Первая находка частиц металлического алюминия в лунном грунте // Докл. АН СССР. – 1979. – **246**, № 4. – С. 203–209.
9. *Новгородова М. И.* Самородные металлы. – Москва: Знание, 1987. – 47 с.
10. *Байраков В. В.* Самородный алюминий в терригенных отложениях Крыма // Доп. НАН України. – 2005. – № 9. – С. 102–106.

11. Лукин А. Е. О происхождении шунгитов // Геол. журн. – 2005. – № 4. – С. 28–47.
12. Богатиков О. А., Мохов А. В., Карташов П. М. и др. Микрочастицы рудных минералов в лунном реголите из Моря Изобилия // Докл. АН. – 2004. – **395**, № 6. – С. 803–807.
13. Лукин А. Е. Литогеохимические факторы нефтегазоаккумуляции в авлакогенных бассейнах. – Киев: Наук. думка, 1997. – 225 с.
14. Лукин А., Савиных Ю., Донцов В. О самородных металлах в нефтегазоносных кристаллических породах месторождения Белый Тигр (Вьетнам) // Геолог Украины – 2007. – № 2. – С. 30–42.
15. Тренишин М. В., Козлов А. Г., Низовский А. И. и др. Активированный алюминий: особенности получения и применения в синтезе катализаторов нефтехимии и нефтепереработки // Рос. хим. журн. – 2007. – **5**, № 4. – С. 126–131.

Институт геологических наук НАН Украины, Киев

Поступило в редакцию 16.06.2008

УДК 553.452:551.735.1(477.6)

© 2008

С. А. Мачулина

## Геологические условия формирования “черного курильщика” в Донбассе

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины А. Ю. Митропольским)

*For the first time in Ukraine in the southwest part of the Donbas in Lower Tournaisian sediments, a “black smoker” sulfide hydrothermal formation, is found. The discovery of the “black smoker” and the large sulfide show of ores in the Stila quarry testify to the development of a paleohydrothermal field, which allows us to assume the presence of a deposit of pyrite-polymetallic ores in depth.*

Во время полевых исследований, которые проводились в юго-западной части Складчатого Донбасса, в нижнетурнейских карбонатных отложениях Стыльского карьера была обнаружена сульфидная постройка гидротермального типа — “черный курильщик” (рис. 1). В Украине — это первая находка древнего “черного курильщика”. Интерес геологов к подобным сульфидным образованиям обусловлен открытием на дне океанов современных “черных курильщиков” и связанных с ними залежей массивных медно-цинковых колчеданных руд. Последние характерны также для древних осадочно-метаморфических комплексов, поэтому исследование современных и древних “черных курильщиков” имеет большое научное и прикладное значение, позволяющее глубже изучить процессы гидротермального рудообразования и определить критерии прогнозирования месторождений колчеданно-полиметаллических руд.

Современные “черные курильщики” — это сульфидные постройки на дне океанов, которые имеют вид конусов или труб, достигающих в высоту нескольких десятков метров. Над ними поднимаются клубы черного “дыма”, представляющие собой потоки горячего гидротермального флюида, насыщенного газами и сульфидами металлов. Температуры этих потоков над жерлами “курильщиков” составляют 300–400 °С. Несмотря на это, вокруг гидротермальных источников наблюдаются оазисы подводной жизни. Сульфидные трубы “курильщиков” снаружи окутаны скоплениями бактерий, которые могут выживать при 120 °С