



УДК 622.81

ВЗРЫВООПАСНОСТЬ ГАЗА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ДОБЫЧЕ УГЛЯ В КУЗБАССЕ

**Е. А. Козловский¹, Г. Н. Шаров¹, А. Э. Конторович², Г. И. Грицко²,
Ф. А. Кузнецов³, М. В. Курленя⁴, В. А. Ковалев⁴, В. И. Ростовцев⁴,
И. М. Белозеров⁵, В. А. Черноок⁵, В. А. Минин⁶, Н. Ю. Вашлаева⁷**

¹*Институт геолого-экономических проблем РАН,
ул. Миклухо-Маклая, 23, 117485, г. Москва, Россия*

²*Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН,
проспект Академика Коптюга, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия*

³*Институт неорганической химии СО РАН,
проспект Академика Лаврентьева, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия*

⁴*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,
Красный проспект, 54, 630091, г. Новосибирск, Россия*

⁵*Новосибирский филиал АО "Государственный специализированный проектный институт",
ул. Б. Хмельницкого, 2, 630075, г. Новосибирск, Россия*

⁶*Институт геологии и минералогии СО РАН, E-mail: minin@igm.nsc.ru,
проспект Академика Коптюга, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия*

⁷*Администрация Кемеровской области,
проспект Советский, 62, 650064, г. Кемерово, Россия*

Представлены данные о составе газов в отдельных местах одной из шахт Кузбасса, полученные Новокузнецким отдельным отрядом военизированной горноспасательной части. Анализ 1200 проб шахтного воздуха, например, на шахте "Алардинская" показал, что экстремальные значения содержаний пожароопасных газов, составляли (объемные %): для водорода — max 0.8, для метана — max 28.3, для кислорода — min 0.8. Сделаны заключения о возможной концепции нейтронно-протонного строения ядра, являющегося источником выделения из недр Земли водорода и углеводородсодержащих газов, и потенциальной применимости химической технологии удаления из газовой смеси водорода для увеличения ее взрывобезопасности.

Угольные месторождения, водород, метан, пропан, бутан, взрывобезопасность

GAS EXPLOSION HAZARD IN UNDERGROUND COAL MINING IN KUZBASS

**E. A. Kozlovsky¹, G. N. Sharov¹, A. E. Kontorovich², G. I. Gritsko²,
F. A. Kuznetsov³, M. V. Kurlenya⁴, V. A. Kovalev⁴, V. I. Rostovtsev⁴,
I. M. Belozеров⁵, V. A. Tchernook⁵, V. A. Minin⁶, and N. Yu. Vashlaeva⁷**

¹*Institute of Geological-Economical Problems, Russian Academy of Natural Sciences,
ul. Miklukho-Maklaya 23, Moscow, 117485 Russia*

²*Institute of Gas-Oil Geology and Geophysics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
pr. Akademika Koptuyuga 3, Novosibirsk, 630090 Russia*

³*Institute of Inorganic Chemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
pr. Akademika Lavrentieva 3, Novosibirsk, 630090 Russia*

⁴*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
Krasnyi pr. 54, Novosibirsk, 630091 Russia*

⁵*Novosibirsk Branch of the State Specialized Design Institute, Joint-Stock Company,
ul. B. Khmel'nitskogo 2, Novosibirsk, 630075 Russia*

⁶*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
pr. Akademika Koptuyuga 3, Novosibirsk, 630090 Russia*

⁷*Kemerovo Region Administration,
pr. Sovetskii 62, Kemerovo, 650064 Russia*

The data presented for gas composition in some sections in one of the Kuzbass mines are obtained by Novokuznetsk Detached Force of Militarized Mine-Rescue Unit. The analysis of 1200 mine air samples, as for instance, in the Alardinskaya mine, showed that the extreme values of fire-hazardous gas contents had constituted (% by volume): max 0.8 for hydrogen, max 28.3 for methane, and min 0.8 for oxygen. The conclusions are drawn about possible concept of neutron-proton structure of the core being the source of hydrogen and hydrocarbon-bearing gases releasing from the Earth's bowel as well as about potential applicability of chemical technology for removing hydrogen from the gas mixture to increase its explosion safety.

Coal deposits, hydrogen, methane, propane, butane, explosion safety

Средства массовой информации систематически сообщают о трагических событиях, связанных со взрывом горючих газов и массовой гибелью людей, которые происходят на угольных шахтах как в России (Кузнецкий, Печерский, Южно-Якутский и другие каменноугольные бассейны), так и за рубежом (Казахстан, Китай, Новая Зеландия, Украина и т. д.). В сентябре 2006 г. это была шахта “Центральная” (пос. Дарасун близ г. Чита), в марте 2007 г. — шахта “Ульяновская” в Кузбассе, в мае 2010 г. — шахта “Распадская” там же. К сожалению, нет оснований говорить, что этот перечень закончен.

Сегодня на вопрос о взрывоопасности газовой смеси в угольных шахтах любой более или менее образованный человек ответит стандартной фразой: “Взрывается метано-воздушная газовая смесь с присутствующей в ней взвешенной угольной пылью”. Но так ли это на самом деле? Проанализируем это положение внимательнее. Откуда в атмосфере шахты вентиляционный воздух с достаточным количеством в нем кислорода и угольная пыль — понятно. Не понятен источник образования метана.

Для рассмотрения этого вопроса обратимся к некоторым положениям науки о Земле и физико-химии. Метан (химическая формула CH_4), как и природные горючие газы — пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), добываемые сегодня в колоссальных количествах, являются химическими соединениями двух основных элементов — углерода (C) и водорода (H) (иногда с небольшими добавками в них третьих элементов — кислорода, азота, серы). Это типичные углеводороды [4, 10]. Из всего многообразия углеводородов в природе метан с химической точки зрения выделяется тем, что лишь он является насыщенным предельным веществом, содержащим в своей молекуле максимальное количество атомов водорода — 4, приходящихся на 1 атом углерода, поскольку только им — водородом — заняты все 4 возможные валентные связи углерода. Естественно, что такое вещество предельного состава в соответствии с законами химии может образовываться в условиях существенного избытка одного из компонентов, в данном случае — водорода [4, 10]. Иными словами, наличие метана в любых природных газах является надежным признаком обязательного наличия в них и водорода. Этот тезис наглядно проиллюстрирован академиком РАН В. В. Адушкиным с сотрудниками [1], установившими, что в составе горючих газов, интенсивно выделяющихся в карьере кимберлитовой трубки “Удачная” в юго-западной части Якутии, “... на долю водорода приходится около 50 %, остальное — на метан”. Известно также, что по данным ПГО “ЗапСибГеология” газовые выбросы из трещиноватых долеритов и песчаников в Южном Кузбассе на глубине 2200 м содержат до 8.5 % водорода. Имеется ряд и других примеров.

Откуда в угольных шахтах углерод — вопрос, конечно же, риторический, ибо давно открыт механизм, в частности, многовекового круговорота углерода в природе с превращением его через углекислый газ (благодаря биосинтезу) в том числе и в уголь — минерализованный продукт растительного происхождения. Загадка заключается в водороде, который, кроме известного круговорота в природе в основном через воду, в огромных количествах (около 1 млрд т ежегодно) [5, 6, 9, 13–16] в виде легких газов (сам водород и метан) в течение 4.5–5.0 миллиардов лет безвозвратно улетучивается с поверхности Земли в космос. (К сожалению, классические науки о Земле не дают удовлетворительного ответа на вопрос об источнике этого водорода, ссылаясь

лишь на некую умозрительную гипотезу о захвате газа из существовавшего некогда протопланетного облака). В настоящее время процесс истечения из недр Земли углеводородов и других легких газов (водород, гелий) активно изучается и систематически обсуждается на проводимых в рамках РАН научных конференциях (Институт проблем нефти и газа, Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта.) [13, 14, 16]. Нельзя не отметить, что, благодаря трудам сотрудников НИИ ядерной физики им. Д. В. Скобельцына МГУ им. М. В. Ломоносова, Геофизического центра РАН и др. [7, 8, 12, 17], в самое последнее время появилась гипотеза [2–4, 9, 11], объясняющая эти явления и их бесконечно продолжительную перспективу.

Согласно этой гипотезе, водород, образующийся в теле Земли при естественном саморазложении истекающих из ее недр свободных нейтронов и частично пребывающий в промежуточном состоянии чрезвычайно химически активной атомарной формы [4, 10], постоянно гидрирует, в том числе углеродсодержащие компоненты углей вплоть до предельного метанового состояния, превращаясь в более стабильную молекулярную форму. При выходе метана и водорода в атмосферу шахты в ней образуется трехкомпонентная метано-водородно-воздушная смесь.

Известно, что с точки зрения взрывоопасности свойства кислорода или воздуха с водородом или метаном сильно различаются между собой. Образно говоря, если стехиометрическая смесь кислорода (воздуха) с водородом, называемая “гремучей смесью”, в состоянии взорваться чуть ли не от “солнечного зайчика”, то для того чтобы поджечь метансодержащую смесь (как и бытовой “пропан–бутан” на кухне), нужна температура “горящей спички”. Разница температур для начала взаимодействия между водород- и углеводородсодержащими смесями составляет 150–200°C не в пользу водородсодержащей смеси [4, 9, 10]. Поэтому справедливо предположить, что в тройной газовой смеси “воздух + метан + водород” роли горючих газов различны. Если водород является детонатором (взрывается в первую очередь), то метан (как и угольная пыль) даже при концентрациях выше установленного норматива может оказаться лишь “топливом”, хотя, конечно же, при более сложных условиях (концентрация, температура и др.) детонировать, по-видимому, может и чисто метано-воздушная смесь. Отсюда, как представляется, следует один из путей повышения безопасности выполнения горных работ в угольных шахтах — максимальное снижение концентрации водорода в газовой смеси. Естественно, это требует экспериментальной проверки с последовательным проведением всех необходимых опытных, проектных и других работ. Учитывая свойства собственно двойной метано-воздушной смеси, было бы наивно ожидать исключения при удалении из нее водорода возможности возникновения взрывоопасных ситуаций вообще. Но заметное повышение порога безопасности таким способом при проведении работ в угольных шахтах вполне реально [9].

Несколько слов об угольной пыли. При проведении экспериментальных работ было бы крайне недальновидно отводить угольной пыли роль только топлива. Являясь продуктом изначально органического происхождения, уголь (а следовательно, и угольная пыль) не может не обладать природной микропористой объемной структурой, характеризующейся в сухой атмосфере заметной абсорбционной способностью. Как следствие этого, в объеме и на поверхности угольной частицы (“пылинки”) возможно образование повышенной концентрации той или иной газовой компоненты. В такой ситуации угольная частица, насыщенная, например, водородом и/или метаном, может являться провокатором и/или катализатором для возникновения нежелательного процесса объемного масштаба. Целесообразно также обратить внимание на то, что сорбционные свойства углей, как правило, различные, вследствие чего могут потребоваться предварительные сорбционные исследования для углей отдельных шахт.

Изложенная метано-водородная концепция взрывоопасности газа при подземной добыче угля, естественно, требовала экспериментальной проверки, прежде всего, в части установления наличия водорода в атмосфере угольной шахты.

Для поиска ответа на этот вопрос были подвергнуты тщательному изучению и анализу данные, полученные в январе – апреле 2011 г. при реальной эксплуатации шахты “Алардинская”, принадлежащей Объединенной управляющей компании “Южскузбассуголь”. Газовый состав воздуха был определен Новокузнецким отдельным военизированным горноспасательным отрядом и любезно предоставлен заместителем командира НОВГСО генералом А. П. Еруслановым через начальника КИЛ С. В. Попову.

Краткие результаты анализа следующие. Из указанного количества проб 41.0% был отобран в плановом порядке, 25.7% — в срочном, а 33.3% — в аварийном. Конкретный процесс угледобычи характеризовался 1195 пробами. При анализе проб в качестве основных принимались данные о содержании в них кислорода, метана и водорода. Картина, ориентировочно характеризовавшая состояние шахты “Алардинская” с точки зрения взрывоопасности, представлена в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Газовый состав воздуха в отдельных местах шахты “Алардинская”

| Наименование выработки | Место отбора проб | Количество проб | | | Экстремальное содержание газов, об. % | | | Пожары шт. |
|--|-------------------|-----------------|----------------------------|------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| | | всего шт. | в том числе с водородом | | min O ₂ | max H ₂ | max CH ₄ | |
| | | | шт. | % | | | | |
| У места работы | В шахте | 14 | 10 | 71.4 | 13.6 | 0.4 | 8.6 | — |
| Газоотсос из лавы № 6-1-14 | С поверхности | 100 | 70 | 70.0 | 18.6 | 0.032 | 2.9 | — |
| Конвейерная штольня 3-39; путевой уклон 3-3 | Устье | 105 | 66 | 62.9 | 15.2 | 0.22 | 9.8 | — |
| Из-за перемычек | В шахте | 545 | 297 | 54.5 | 0.8 | 0.79 | 28.3 | 105 |
| Скважина из отработанного пространства лав | С поверхности | 61 | 21 | 34.4 | 1.7 | 0.17 | 19.4 | 19 |
| Скважина № 8065 | С поверхности | 107 | 72 | 67.3 | 5.0 | 0.77 | 17.9 | 8 |
| Другие | В шахте | 6 | 5 | 83.3 | 4.6 | 0.24 | 15.5 | — |
| Итого | | 938 | 541 | 57.7 | 0.8 | 0.79 | 28.3 | 132 |

Из данных табл. 1 видно, что:

- водород присутствовал более чем в 50% отобранных проб;
- содержание кислорода с естественного (≈ 21 об.%) снижается в отдельных местах до 0.8–5 об.%, причем максимальное снижение наблюдалось в отработанном слабоventилируемом пространстве;
- концентрация водорода в пробах возрастала с 0.032 об. % (газоотсос от разрабатываемой лавы) до 0.79 об. % (отработанное пространство);
- содержание метана возрастало с 2.9 об. % (непосредственно в лаве) до 28.3 об. % в отработанном пространстве;
- почти каждая шестая проба отобрана во время горения газов, где абсолютное большинство пожаров (≈ 80 %) приходилось на отработанные слабоventилируемые пространства “за перемычками”.

Из изложенного следует, что наиболее критические ситуации, доходящие до объемного горения газов, происходят в отработанных пространствах “за перемычками”, неventилируемых или ventилируемых через скважины.

Имеющаяся информация позволяет ориентировочно оценить состояние газов в отработанном пространстве. Нами подсчитано, что в шахте “Алардинская” имелись 63 полости, при этом в трех из них (за перемычками № 1115, 1187 и 1189) происходили продолжительные пожары. Указанные полости, судя по имеющейся базе данных, находились под систематическим контролем Новокузнецкого ОВГСО и на них приходилось 287 отобранных из-за перемычек проб (≈ 53 % от общего количества). Всего из обследованных 63-х полостей водород присутствовал в 297 случаях (54.5 % от общего количества) в 27 полостях (42.9%). Газовый состав воздуха за перемычками трех отмеченных “критических” полостей приведен в табл. 2.

ТАБЛИЦА 2. Характеристика газового состава воздуха за перемычками “критических” пространств шахты “Алардинская”

| Номер перемычки | Количество проб | | | Экстремальное содержание газов, об. % | | | Количество пожаров | |
|-----------------|-----------------|-------------------------|------|---------------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------|
| | всего | в том числе с водородом | | min O ₂ | max H ₂ | max CH ₄ | штук | % |
| | | шт. | шт. | | | | | |
| 1115 | 87 | 40 | 46.0 | 1.0 | 0.02 | 28.3 | 20 | 23.0 |
| 1187 | 113 | 106 | 93.8 | 0.8 | 0.69 | 24.4 | 24 | 21.2 |
| 1189 | 87 | 85 | 97.7 | 1.4 | 0.79 | 24.9 | 24 | 27.6 |
| Итого | 287 | 231 | 80.5 | 0.8 | 0.79 | 28.3 | 68 | 23.4 |

Из данных табл. 2 следует, что именно на эти три “критических” пространства в период исследований приходились все экстремальные значения анализируемых параметров, а именно: наличие водорода в пробах (до $\geq 90.0\%$ случаев), экстремальные концентрации кислорода (минимальная), водорода и метана (максимальные) в отобранных пробах.

Таким образом, приведенные данные по шахте “Алардинская” показывают, что:

— водород в различных концентрациях присутствует в большинстве проб газа, отобранных в различных местах шахты;

— именно “критические” пространства за перемычками при нарушении изоляции их от остального объема шахты могут стать источником возникновения аварийных ситуаций.

Приведенная концепция неизбежного образования, в частности, в угольных шахтах пожаро- и взрывоопасных ситуаций и иллюстрирующие ее материалы, полученные в ходе реальной эксплуатации одной из рядовых действующих шахт, позволяют совершенно с других позиций посмотреть как на природу, так и на механизм образования опасных газовых смесей. Смена векторов развития работ по повышению безопасности шахтерского труда в угольной отрасли с чисто метанового на водородное, а точнее — на водородно-метановое направление является, безусловно, инновационным процессом и не может не привести на этом пути к новым положительным результатам. Залогом этого является хотя бы то, что еще в начале XXI века, который вполне можно назвать веком наступающей водородной энергетики, учеными и промышленностью многих стран уже созданы и успешно эксплуатируются в ряде отраслей хозяйства (энергетика, химия, металлургия, космонавтика и др.) техника и системы, практически полностью обеспечивающие безопасность проведения работ с использованием значительных количеств водорода. Можно обоснованно полагать, что адаптация этой техники и технологии к метано-водородным и другим подобным газовым средам в условиях подземной добычи различных полезных ископаемых станет одним из генеральных направлений завтрашних научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для целого ряда горных и других институтов данного профиля.

Проблема существенного повышения безопасности шахтерского труда является резонансной, выходящей далеко за пределы Западной Сибири и России в целом. Исходя из этого, она может и должна решаться только при условии опоры на серьезные научные, материально-технические и финансово-экономические ресурсы при существенной всесторонней государственной поддержке. Представляется, что сегодня решение этой задачи по плечу только столь мощному научному образованию как Российская Академия наук в лице ее Сибирского отделения и прежде всего Кемеровского научного центра СО РАН с создаваемым Угленаукоградом и опорой на техническую и финансово-экономическую мощь всего Кузбасса. Для успешной организации и развития работ в этом направлении необходим специальный административный научно-технический штаб и определен экспериментальный полигон в виде одной или нескольких действующих шахт, а также разработана развернутая программа проведения первоочередных НИОКР. Немалая роль при этом должна быть отведена также оперативной авторизации получаемых отечественными исследователями и разработчиками результатов этой работы.

Новые инновационные подходы и знания требуют от общества как признания, так и энергичных оперативных шагов по ускоренному их развитию и освоению. Справедливости ради следует отметить, что не все авторы одинаково подходят к изложенной в тексте концепции образования в угольных шахтах водорода и углеводородов, включая метан. Это не мешает авторскому коллективу объединить свои усилия при рассмотрении предлагаемого механизма пожаро- и взрывоопасности газа в шахтах с целью поиска путей уменьшения (а возможно, и ликвидации) этой роковой опасности, что представляется абсолютно приоритетным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Adushkin V. V., Kudryavtsev V. P., Khazins V. M.** Hydrogen degassing of the Earth and ozone anomalies, *Dokl. Akad. Nauk*, 2006, vol. 406, no. 2, pp. 241–243. (in Russian) [Адушкин В. В., Кудрявцев В. П., Хазинс В. М. Водородная дегазация Земли и озоновые аномалии // ДАН. — 2006. — Т. 406. — № 2. — С. 241–243.]
2. **Belozеров I. M.** Nature through the eyes of physicist, *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology (ISJAEE)*, 2008, no. 12(68), pp. 8–58. [Белозеров И. М. Природа глазами физика // Междунар. науч. журнал “Альтернативная энергетика и экология” (ISJAEE). — 2008. — № 12(68). — С. 8–58.]
3. **Belozеров I. M., Mezentev L. N., Minin V. A., Mitkin V. N.** The Earth—An active source of neutrons and hydrogen, *State-of-the-Art in the Earth Sciences: Proceedings of the International Conference devoted to V. E. Khain memory*. Moscow, MGU, 2011, pp. 211–215. (in Russian) [Белозеров И. М., Мезенцев Л. Н., Минин В. А., Митькин В. Н. Земля — активный источник нейтронов и водорода // Современное состояние наук о Земле: материалы Междунар. конф., посвященной памяти В. Е. Хаина, 1–4 февраля 2011. — М.: Изд. Геол. фак. МГУ, 2011. — С. 211–215.]
4. **The Great Soviet Encyclopedia.** Moscow, *Sovetskaya Entsiklopediya*, 1970–1978, vol. 1–30. (in Russian) [Большая советская энциклопедия. — Т. 1–30. — М.: Советская энциклопедия, 1970–1978.]
5. **Voitov G. I.** Chemistry and the scale of modern flow of natural gases in different geostructural zones of the Earth, *D. I. Mendeleev Russian Chemical Society Journal*, 1986, vol. 31, no. 5, pp. 53–60. (in Russian) [Войтов Г. И. Химизм и масштабы современного потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли // Журнал ВХО им. Д. И. Менделеева. — 1986. — Т. 31. — № 5. — С. 53–60.]
6. **Voitov G. I., Rudakov V. P.** The atmosphere hydrogen of subsoil deposits, its monitoring and applied capabilities, *Journal of Physics of the Earth*, 2000, no. 6, pp. 83–91. [Войтов Г. И., Рудаков В. П. Водород атмосферы подпочвенных отложений, его мониторинг и прикладные возможности // Физика Земли. — 2000. — № 6. — С. 83–91.]
7. **Volodichev N. N., Kuzhevskiy B. M., Nechaev O. Yu., et al.** Earth’s crust—An active source of neutrons, *Vestnik MGU. Fizika. Astronomiya*, 2002, no. 5, pp. 69–73. (in Russian) [Володичев Н. Н., Кузевский Б. М., Нечаев О. Ю., и др. Земная кора — активный источник нейтронов // Вестник МГУ. Физика. Астрономия. — 2002. — № 5. — С. 69–73.]
8. **Gorshkov G. V., Zhabkin V. A., et al.** *Natural Neutron Background of the Atmosphere and Earth’s Crust*. Moscow, Atomizdat, 1996. (in Russian) [Горшков Г. В., Зябкин В. А. и др. Естественный нейтронный фон атмосферы и земной коры. — М.: Атомиздат, 1996.]
9. **Kozlovskiy E. A., Belozеров I. M., Minin V. A., Sharov G. N.** Gas explosion hazard in underground coal mining, *New Ideas in the Earth Sciences: X International Conference Proceedings*. Moscow, Extra-Print, 2011, vol. 2, 144 pp. (in Russian) [Козловский Е. А., Белозеров И. М., Минин В. А., Шаров Г. Н. К вопросу о взрывоопасности газа при подземной добыче угля // Новые идеи в науках о Земле: доклады X Междунар. конф. — М.: РИТРУ, 12–15 апреля 2011. — Т. 2. — М.: Изд. “Экстра-Принт”, 2011. — 144 с.]

10. **Condensed Chemical Encyclopedia.** Moscow, Sovetskaya entsiklopediya, 1961–1967, vol. 1-5. (in Russian) [Краткая химическая энциклопедия. Т. 1–5. — М.: Советская энциклопедия, 1961–1967.]
11. **Condensed Encyclopedia of Atomic Energy.** V. S. Yemelyanov (Ed.). Moscow, Bolshaya sovetskaya entsiklopediya, 1958, 612 pp. (in Russian) [Краткая энциклопедия “Атомная энергия” / под ред. В. С. Емельянова. — М.: Большая советская энциклопедия, 1958. — 612 с.]
12. **Kuzhevsky V. M.** Gravity of celestial bodies and neutron flows, *Nauka v Russii*, 2011, no. 5 (125), pp. 12–19. (in Russian) [Кужевский В. М. Гравитация небесных тел и нейтронные потоки // Наука в России. — 2011. — № 5 (125). — С. 12–19.]
13. **Larin V. N., Larin N. V.** Hydrogen degassing on the Russian Platform, *Degassing of the Earth: Geodynamics, Geofluids, Oil, Gas and Their Paragenesis – All-Russian Conference Proceedings*, Moscow, Geos, 2008, pp. 267–269. (in Russian) [Ларин В. Н., Ларин Н. В. Водородная дегазация на Русской платформе // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы: материалы Всерос. конф. 22-25 апр., 2008. — М.: Изд-во Геос, 2008. — С. 267–269.]
14. **Degassing of the Earth: Geotectonics, Geodynamics; Oil, Gas; Hydrocarbons and Life – All-Russian Conference Proceedings.** Moscow, Geos, 2010, 712 pp. (in Russian) [Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика; нефть и газ; углеводороды и жизнь: материалы Всерос. конф., 18-22 октября 2010. — М.: Изд-во Геос. — 712 с.]
15. **Portnov A. M.** Volcanoes – Hydrogen Reservoirs, *Prom. vedomosti*, 2010, no. 10–12 (158–161), 12 pp. (in Russian) [Портнов А. М. Вулканы – месторождения водорода // Промышленные ведомости. — 2010. — № 10–12 (158–161). — 12 с.]
16. **Syvorotkin V. L.** Deep Degassing of the Earth and Global Catastrophes. Moscow, Geoinformtsentr, 2002, 250 p. (in Russian) [Сывороткин В. Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. — М.: Изд-во ООО “Геоинформцентр”, 2002. — 250 с.]
17. **Shestopalov I. P., Kharin E. P.** Time-to-time variability of the relationship between the Earth seismicity and different duration cycles of the Sun activity, *Gefiz. Zh. Inst. Geofiz. NAN Ukrainy*, 2006, vol. 28, no. 4, pp. 59–70. (in Russian) [Шестопапов И. П., Харин Е. П. Изменчивость во времени связей сейсмичности Земли с циклами солнечной активности различной длительности // Геофизический журнал Института геофизики НАН Украины. — 2006. — Т. 28. — № 4. — С. 59–70.]