

РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ В АТМОСФЕРНЫХ ВЗВЕСЯХ КАРАКАНСКОГО УГОЛЬНОГО КЛАСТЕРА КУЗБАССА ПО ДАННЫМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА**К.С.Голохваст¹, А.Н.Куприянов², Ю.А.Манаков², И.Ю.Чекрыжов³, А.В.Поселюжная³, В.А.Семенихин⁴**¹Дальневосточный федеральный университет Минобрнауки РФ, 690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8²Институт экологии человека Сибирского отделения РАН, 650065, г. Кемерово, Ленинградский просп., 10³Дальневосточный геологический институт Дальневосточного отделения РАН, 690022, г. Владивосток, просп. 100 лет Владивостоку, 159⁴Научно-клинический центр охраны здоровья шахтеров Минэнерго РФ, 652509, г. Ленинск-Кузнецкий, ул. 7-й Микрорайон, 9**РЕЗЮМЕ**

В работе приведены результаты исследования угольной пыли из атмосферных взвесей, содержащихся в снеге, собранном в 11 точках в районе Караканского горнодобывающего узла (Кузбасс) зимой 2011-2012 гг. Показано наличие в минеральной составляющей угольной пыли легких (La, Ce, Nd) и тяжелых (Y, Gd, Dy, Yb) редкоземельных элементов. Редкоземельные элементы присутствуют в виде фосфатов (монокит, ксенотим), а также в виде силикатов (ортит). Предполагается повышенная токсичность атмосферных взвесей Караканского угольного разреза Кузбасса ввиду их высокой «загрязненности» редкоземельными элементами как в минеральной, так и неминеральной формах.

Ключевые слова: атмосферные взвеси, микрочастицы, уголь, техногенное загрязнение, редкоземельные элементы.

SUMMARY**RARE EARTH MINERALS IN ATMOSPHERIC SUSPENSIONS OF KARAKANSKY COAL CLUSTER OF KUZBASS BY DATA OF POLLUTION OF SNOW COVER****K.S.Golokhvast¹, A.N.Kupriyanov², Yu.A.Manakov², I.Yu.Chekryzhov³, A.V.Poselyuzhnaya³, V.A.Semenikhin⁴**¹Far Eastern Federal University, 8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation²Institute of Human Ecology of Siberian Branch RAS, 10 Leningradskiy Ave., Kemerovo, 650065, Russian Federation³Far Eastern Geological Institute of Far Eastern Branch RAS, 100-letiya Vladivostoka Ave., Vladivostok, 690022, Russian Federation⁴Scientific Clinical Center of Miners Health Protection, 9 7th Mikrorayon Str., Leninsk-Kuznetskiy, 652509, Russian Federation

The results of the research of coal dust from the atmospheric suspensions contained in the snow and collected from 11 points around Karakansky mining cluster (Kuzbass) in the winter of 2011-2012 are presented. The mineral component of coal dust of light (La, Ce, Nd) and heavy (Y, Gd, Dy, Yb) rare earth elements was found out. Rare earth elements are presented in the form of phosphates (turnerite, xenotime), and also in the form of silicates (ortite). The increased toxicity of

atmospheric suspensions of Karakansky Coal Mine of Kuzbass in the view of their high «contamination» with rare earth elements both in mineral and not mineral forms is anticipated.

Key words: atmospheric suspensions, microparticles, coal, technogenic pollution, rare earth elements.

Актуальность экологии в XXI веке диктуется глобальными проблемами, стоящими перед человечеством в связи с усиливающейся промышленной деятельностью. Это такие насущные угрозы, как загрязнение среды обитания, изменение климата и энергетическая безопасность, стоящие перед всеми без исключения странами Земли.

Угольная промышленность является одной из ведущих в топливно-энергетическом секторе России и создает и наибольшее количество экологических проблем.

Угольная пыль – один из сильнейших загрязнителей воздуха в местах добычи с выраженным негативным влиянием на здоровье людей [8]. Считается, что максимальный уровень заболеваемости по большинству классов болезней наблюдается при отработке коксовых и жирных углей, являющихся биологически агрессивными и наиболее неблагоприятными в фиброгенном отношении и по пылевому фактору [5, 16]. Известно, что угольная пыль токсична, но чем определяется эта токсичность в том или ином случае, учитывая, что в углях могут содержаться свыше 20 токсичных и потенциально токсичных (например, Hg, As, Sb, Cd, Pb и др.) и радиоактивных элементов [3, 9, 10, 21–24]?

Этот вопрос до сегодняшнего дня остается открытым и крайне важным [19]. Предложено даже характеризовать угли величиной «потенциала экологической опасности» (П), разделяя оценивая три его составляющие [18]: П (ТМ) – составляющая, обусловленная присутствием в топливе токсичных тяжелых металлов; П (ПС) – составляющая, обусловленная образованием вредных веществ в продуктах сжигания топлива; П (ЕРН) – составляющая, обусловленная присутствием в топливе естественных радионуклидов.

Ранее было обнаружено, что в углях Кузбасса [1–4, 13] и других месторождений [17] повышено содержание редкоземельных элементов.

Данная работа заключается в исследовании минеральных фаз редкоземельных элементов из угольной пыли из атмосферных осадков (снега), собранного в районе Караканского угольного разреза Кузбасса в непосредственной близости от населенных пунктов.

Материалы и методы исследования

Кузнецкий угольный бассейн расположен на юге Западной Сибири, в основном на территории Кемеровской области, в неглубокой котловине между горными массивами Кузнецкого Алатау, Горной Шории и невысоким Салаирским кряжем. Караканский угольный кластер находится в северо-восточной части Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса, в 35 км от города Белово. Занимает северо-западную часть Караканской синклинали Караканского месторождения. Уголь добывается открытым способом, по-

роды вскрыши и уголь транспортируется на угольные склады автомобильным транспортом, кроме того производится экскаваторная погрузка угля в ж/д вагоны. Угли вроде пермского возраста и относятся к энергетическим марки Д.

Пробы снега собирались на 11 пробных площадках, расположенных с запада на восток через Караканский хребет в районе строящихся угольных разрезов, и простирающихся до сел Пермьяки и Новоухудяково, где угольные разрезы отсутствуют, и эти крайние точки можно рассматривать как контрольные (рис. 1).

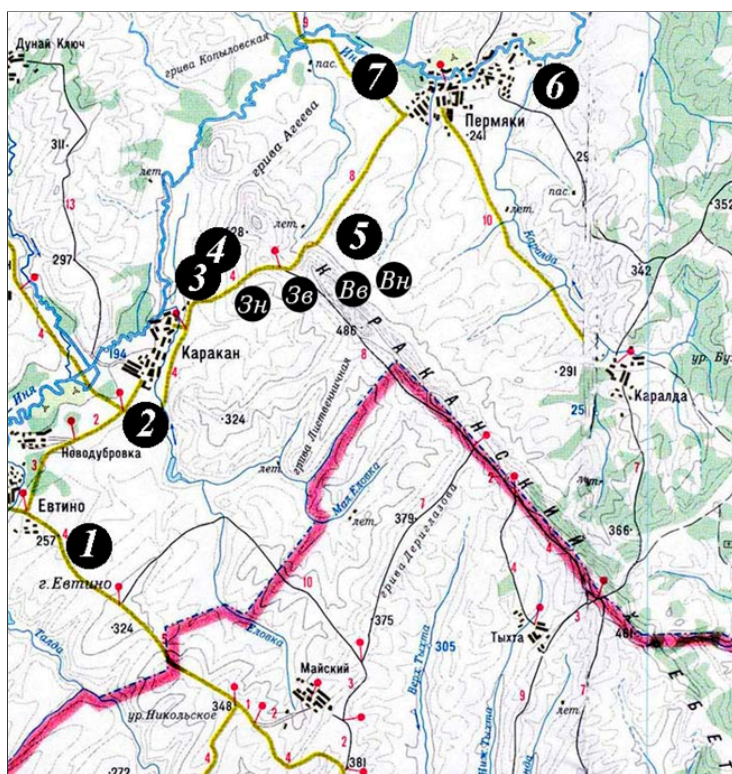


Рис. 1. Места отбора проб в районе Караканского угольного узла:

- станция 1 – окраина с. Евтюхово, за кладбищем, в березняке;
- станция 2 – возле с. Караканы, технологическая дорога, обочина;
- станция 3 – возле Дунаевского разреза, между технологическими дорогами;
- станция 4 – между Дунаевским и Пермьяковским разрезами, целина;
- станция 5 – между восточным склоном Караканского хребта и с. Пермьяки. Контроль 1;
- станция 6 – с. Пермьяки, восточная окраина за селом;
- станция 7 – дорога на с. Новоухудяково, 1,5 км от с. Пермьяки, за лесом. Контроль 2;
- станция Zn – нижняя часть западного склона Караканского хребта;
- станция Zv – верхняя часть западного склона Караканского хребта;
- станция Vn – нижняя часть восточного склона Караканского хребта;
- станция Vv – верхняя часть восточного склона Караканского хребта.

Пробы (атмосферные осадки в виде снега), чтобы исключить вторичное загрязнение антропогенными аэрозолями, собирались во время снегопадов. Отбирался только верхний слой (5-10 см) свежеснег. Снег помещали в стерильные контейнеры объемом 3 литра и потом высушивали.

Высушенные взвеси изучали на аналитическом сканирующем электронном микроскопе JSM-6490LV с ЭДС INCA Energy, X-max и ВДС INCA Wave (Oxford Instruments, United Kingdom) в ДВГИ ДВО РАН и на Hitachi S-3400N с энергодисперсионным спектрометром Ultra Dry (Thermo Fisher Scientific, United Kingdom). Образцы для электронной микроскопии не напылялись либо напылялись углеродом.

Результаты исследования и их обсуждение

В угольной пыли из атмосферных взвесей установлены многочисленные включения самородных металлов и их соединений, но особенно примечательно обилие минеральных фаз содержащих редкоземельные элементы (РЗЭ). Редкоземельные фазы имеют размер от наноразмерного до десятков микрон.

Они представлены преимущественно фосфатами легких РЗЭ – состав близок монациту (рис. 2, 3) и тя-

желых РЗЭ – состав близок ксенотиму (рис. 4).

Также встречены единичные микронные зерна силиката РЗЭ – состав близок ортит (рис. 5).

На рис. 6 отчетливо видно, что кристалл монацита «сидит» в угольной частичке, что подтверждает предположение о непосредственной связи редкоземельных минералов с углем.

Само по себе наличие РЗЭ в углях Кузбасса вполне обычно, тем более, что кузнецкие угли даже оценивались как редкоземельное сырье [1, 13].

Интересен факт большого количества редкоземельных минералов в угольной пыли из атмосферных взвесей, а поскольку по экспериментальным данным только 10-20% РЗЭ в углях находятся в виде собственных минералов, 1-2% в виде изоморфных примесей в минеральном веществе углей, а 80-90% в виде комплексных гуматов [20], то можно говорить о высокой «зараженности» угольной пыли РЗЭ как в минеральной, так и неминеральной формах.

Заключение

В целом, влияние угольной пыли разных разрезов Кузбасского бассейна на здоровье шахтеров изучено [5–7, 14].

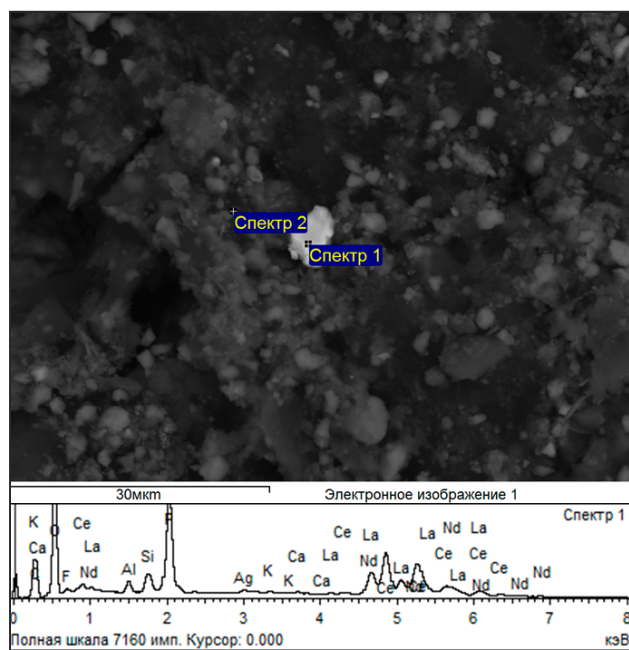


Рис. 2. Фосфат легких РЗЭ (станция 4).

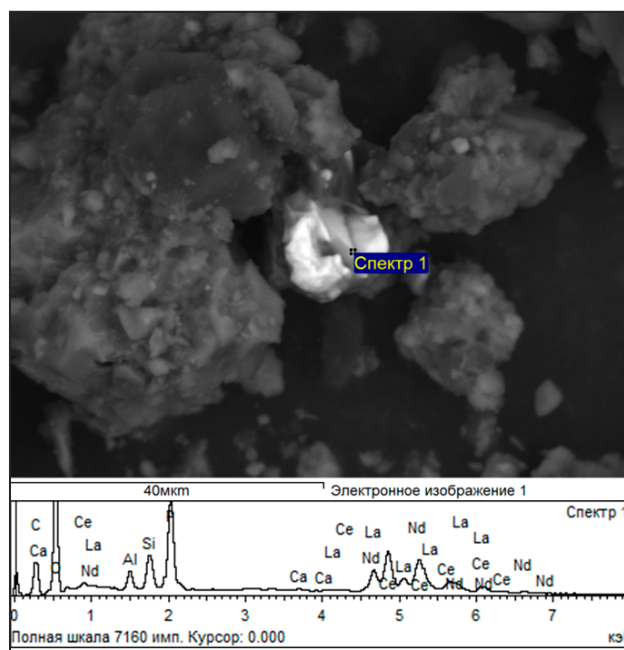


Рис. 3. Фосфат легких РЗЭ (станция 4).

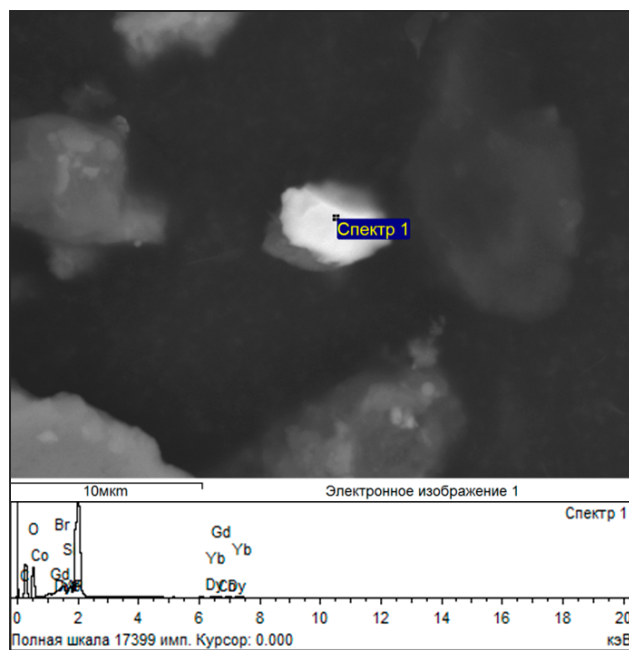


Рис. 4. Фосфат тяжелых РЗЭ (станция 6).

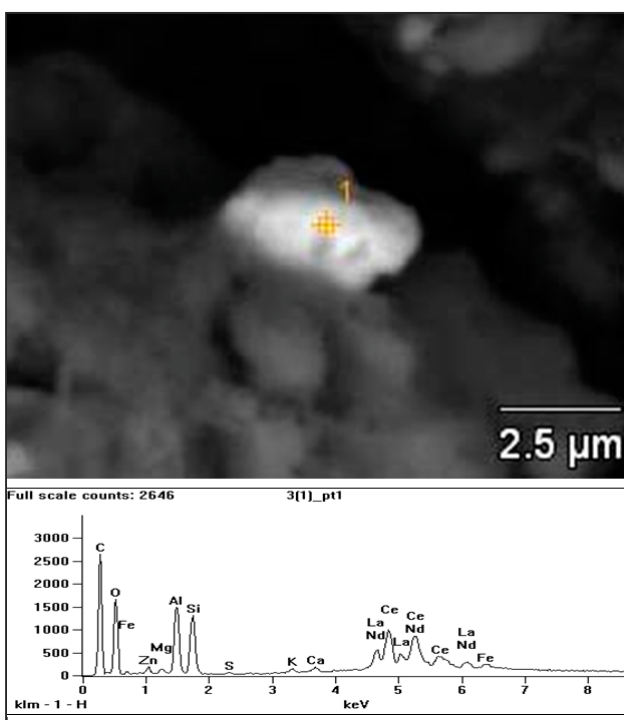


Рис. 5. Силикат РЗЭ (станция 3).

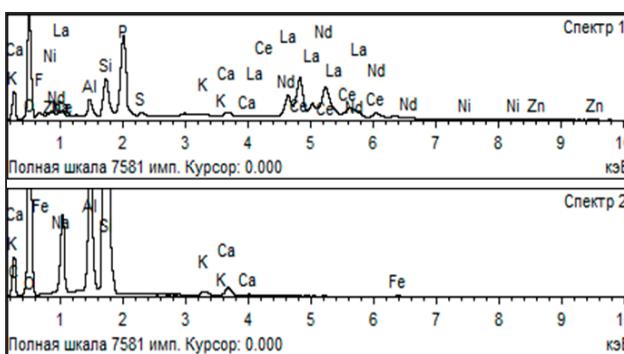
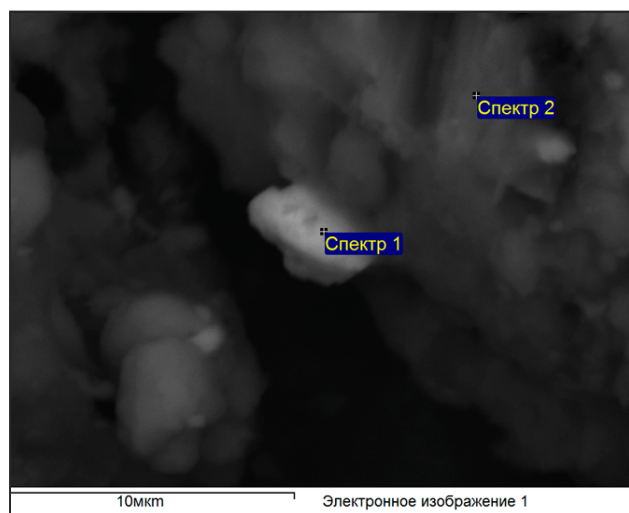


Рис. 6. Фосфат легких РЗЭ (станция 3).

Как известно, редкоземельные минералы вызывают ряд профессиональных заболеваний, например, пневмокониозы [26–31], что увеличивает их потенциальную опасность для здоровья человека.

С другой стороны, в научной литературе показаны и обсуждаются и другие эффекты на живые организмы, в том числе, нетоксичное влияние редкоземельных элементов на биохимические процессы и положительное воздействие на растения и регенерацию тканей [11, 12, 25]. Например, показано, что ионы лантана способны увеличивать амплитуду ГАМК-активированных сигналов на пирамидальных нейронах гена CA1, отмеченных в гиппокампе головного мозга [25].

В целом, стоит отметить, что угольная пыль, содержащаяся в атмосферных взвешах Караканского угольного разреза, может являться источником потенциально опасных соединений, таких как редкоземельные минералы. При сжигании таких углей эти элементы будут попадать в воздух крупных городов и, несомненно, влиять на рост заболеваемости людей и загрязнение окружающей среды.

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ, Российского научного фонда, Государственного задания МОН РФ и Гранта Президента для молодых ученых МК-1547.2013.5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И.Арбузов [и др.]. Кемерово, 2000. 248 с.
2. Редкометалльный потенциал углей Минусинского бассейна / С.И.Арбузов [и др.]. Новосибирск: СО РАН, Филиал «ГЕО», 2003. 300 с.
3. Радиоактивные элементы в палеозойских углях Сибири / С.И.Арбузов [и др.] // Геохимия. 2005. №5. С.527–541.
4. Арбузов С.И., Ершов В.В. Геохимия редких элементов в углях Сибири. Томск: Д-Принт, 2007. 468 с.
5. Громов К.Г. Гигиена труда, биологическая агрессивность углей и состояние здоровья шахтеров Кузбасса: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 1986. 48 с.
6. Сопоставление цитотоксичности кузбасских углей разного марочного состава / К.Г.Громов [и др.] // Гиг. труда и проф. заболевания. 1988. №3. С.26–28.
7. Громов К.Г. Медико-экологические и социальные аспекты проблемы загрязнения окружающей среды промышленных регионов Западной Сибири соединениями металлов (на примере Кузбасса) // Экология и экономика: региональные проблемы перехода к устойчивому развитию. Взгляд в XXI век: тез. докл. всерос. науч.-практ. конф. Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. Т.2. С.122–125.
8. Дудкина О.А., Минина В.И., Громов К.Г. Оценка влияния промышленных выбросов на окружающую среду и здоровье населения Таштагольского района Кемеровской области // Экология пром. производства. 2011. №4. С.46–50.
9. Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2002. 296 с.
10. Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность // Химия и жизнь – XXI век. 2006. №2. С.24–29.
11. Получение модифицированных лантаном природных цеолитов - потенциальных стимуляторов регенерации живых тканей / Н.М.Кожевникова [и др.] // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. №9. С.207–211.
12. Маладаев А.А. Влияние лантана на биологическую активность почв, урожай и качество растений: дис. ... канд. биол. наук. Улан-Удэ, 2007. 125 с.
13. Нифантов Б.Ф., Потапов В.П., Митина Н.В. Геохимия и оценка ресурсов редкоземельных и радиоактивных элементов в Кузнецких углях: перспективы переработки. Кемерово: Институт угля и углехимии СО РАН, 2003. 100 с.
14. Семинихин В.А. Профессиональная патология у шахтеров Кузбасса: особенности формирования и профилактика: дисс. ... д-ра мед. наук. Иркутск, 2006. 253 с.
15. Стрекалов И.М., Ларионов Л.П., Зуев М.Г. Перспективы использования нейодистых рентгеноконтрастных средств для сплестохолангиографии // Вестн. рентгенол. и радиол. 2007. №1. С.45–54.
16. Медико-биологическое исследование влияния угольной пыли как фактора интоксикации / Д.В.Фоменко [и др.] // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. 2009. №1(65). С.278–283.
17. Хасанов Р.Р., Гафуров Ш.З., Исламов А.Ф. Редкоземельные элементы в визейских угольных пластах Волго-Уральского региона // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2010. Т.152, кн.4. С.116–122.
18. Чебаненко Б.Б., Майсюк Е.П. Оценка экологической опасности при использовании органических топлив // Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию: труды междунар. науч.-практ. конференции. Кемерово, 1999. С.219–227.
19. Шпирт М.Я., Горюнова Н.П., Зекель Л.А. Выбросы токсичных микроэлементов и пути их снижения при промышленном сжигании углей // Химия твердого топлива. 1998. №2. С.30–38.
20. Шпирт М.Я., Середин В.В., Горюнова Н.П. Формы соединений редкоземельных элементов в углях // Химия твердого топлива. 1999. №3. С.91–99.
21. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Уран в углях. Сыктывкар: Коми науч. центр, 2001. 84 с.
22. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Мышьяк в углях. Сыктывкар: Коми науч. центр, 2004. 106 с.
23. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях: Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 655 с.
24. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Ртуть в углях. Сыктывкар: Коми науч. центр, 2007. 96 с.
25. Boldyreva A.A. Lanthanum Potentiates GABA-Activated Currents in Rat Pyramidal Neurons of CA1 Hippocampal Field // Bull. Exp. Biol. Med. 2005. Vol.140, №4. P.403–405.
26. Lanthanide particles in the lung of a printer / A.Dufresne [et al.] // Sci. Total Environ. 1994. Vol.151, Iss.3. P.249–252.
27. Hirano S., Suzuki K.T. Exposure, metabolism, and

toxicity of rare earths and related compounds // *Environ. Health Perspect.* 1996. Vol.104, Suppl.1. P.85–95.

28. Trace elements in tissues of a worker affected by rare earth pneumoconiosis. A study carried out by neutron activation analysis / R.Pietra [et al.] // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 1985. Vol.92., Iss.2. P. 247–259.

29. Rim K.T., Koo K.H., Park J.S. Toxicological evaluations of rare earths and their health impacts to workers: a literature review // *Saf. Health Work.* 2013. Vol.4, №1. P.12–26.

30. Rare-earth pneumoconiosis: a new case / F.Sulotto [et al.] // *Am. J. Ind. Med.* 1986. Vol.9, №6. P.567–575.

31. Human exposure to heavy metals. Rare earth pneumoconiosis in occupational workers / G.Vocaturro [et al.] // *Chest.* 1983. Vol.83, №5. P.780–783.

REFERENCES

1. Arbuzov S.I., Yershov V.V., Potseluev A.A., Rikhvanov L.P. *Redkie elementy v uglyakh Kuznetskogo basseyna* [Rare elements in coals of the Kuznetsk pool]. Kemerovo; 2000.

2. Arbuzov S.I., Ershov V.V., Rikhvanov L.P., Kyargin V.V., Bulatov A.A., Dubovik N.E. *Redkometall'nyy potentsial ugley Minusinskogo basseyna* [Rare-metal potential of coals of the Minusinsk pool]. Novosibirsk: SB RAS; 2003.

3. Arbuzov S.I., Rikhvanov L.P., Volostnov A.V., Varlachev V.A. *Geochemistry International* 2005; 43(5):478–492.

4. Arbuzov S.I., Yershov V.V. *Geokhimiya redkikh elementov v uglyakh Sibiri* [Geochemistry of rare elements in coals of Siberia]. Tomsk: D-print; 2007.

5. Gromov K.G. *Gigiena truda, biologicheskaya agresivnost' ugley i sostoyanie zdorov'ya shakhterov Kuzbassa: avtoreferat dissertatsii doktora meditsinskikh nauk* [Occupational health, biological aggression of coals and state of health of miners of Kuzbass: abstract of thesis...doctor of medical sciences]. Moscow; 1986.

6. Gromov K.G., Velichkovskiy B.T., Yakh'yaev A.B., Korkina L.G. *Gigiena truda i professional'nye zabolevaniya* 1988; 3:26–28.

7. Gromov K.G. *Materialy konferentsii «Ekologiya i ekonomika: regional'nye problemy perekhoda k ustoychivomu razvitiyu. Vzgl'yad v XXI vek»* (All-Russian Conference «Ecology and economy: regional problems of transition to a sustainable development. Look in the XXI century»). Kemerovo; 1997. Vol.2. pp.122–125.

8. Dudkina O. A. Minina V. I. Gromov K.G. *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva* 2011; 4:46–50.

9. Kizil'shteyn L.Ya. *Ekogeokhimiya elementov-primesey v uglyakh* [Ecogeokhimiya of elements impurity in coals]. Rostov-na-Donu: SKNTs VSh; 2002.

10. Kizil'shteyn L.Ya. *Khimiya i zhizn' – XXI vek* 2006; 2:24–29.

11. Kozhevnikova N.M., Ubasheev I.O., Mitypov B.B., Aleksandrova T.E., Ermakova E.P. *Khimiya v interesakh ustoychivogo razvitiya* 2001; 9:207–211.

12. Maladayev A.A. *Vliyanie lantana na biologicheskuyu aktivnost' pochv, urozhay i kachestvo rasteniy: dissertatsiya kandidata biologicheskikh nauk* [Influence of lanthanum on biological activity of soils, crop and quality

of plants: thesis...candidate of biological sciences]. Ulan-Ude; 2007.

13. Nifantov B.F., Potapov V.P., Mitina N.V. *Geokhimiya i otsenka resursov redkozemel'nykh i radioaktivnykh elementov v Kuznetskikh uglyakh: perspektivy pererabotki* [Geochemistry and an assessment of resources of rare-earth and radioactive elements in Kuznetsk coals: the prospects of processing]. Kemerovo; 2003.

14. Seminikhin V.A. *Professional'naya patologiya u shakhterov Kuzbassa: osobennosti formirovaniya i profilaktika: dissertatsiya doktora meditsinskikh nauk* [Professional pathology at miners of Kuzbass: features of formation and prevention: thesis...doctor of medical sciences]. Irkutsk; 2006.

15. Strekalov I.M., Larionov L.P., Zuyev M. G. *Vestnik rentgenologii i radiologii* 2007; 1:45–54.

16. Fomenko D.V., Ulanova E.V., Gromov K.G., Kazitskaya A.S., Bondarev O.I. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra SO RAMN* 2006; 1:278–283.

17. Khasanov R.R., Gafurov Sh.Z., Islamov A.F. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki* 2010; 152(4):116–122.

18. Chebanenko B. B., Maysyuk E.P. *Ekologicheskie problemy ugledobyvayushchey otrasli v regione pri perekhode k ustoychivomu razvitiyu: trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Environmental problems of coal-mining branch in the region upon transition to sustainable development: proceedings of the international scientific and practical conference). Kemerovo; 1999:219–227.

19. Shpirt M. Ya. Goryunova N. P., Zekel L.A. *Khimiya tverdogo topliva – Solid Fuel Chemistry* 1998; 2:30–38.

20. Shpirt M. Ya., Seredin V.V., Goryunova N.P. *Khimiya tverdogo topliva – Solid Fuel Chemistry.* 1999; 3:91–99.

21. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Uran v uglyakh* [Uranium in coals]. Syktyvkar; 2001.

22. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Mysh'yak v uglyakh* [Arsenic in coals]. Syktyvkar; 2004.

23. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Toksichnye elementy-primesi v iskopaemykh uglyakh* [Toxic elements impurity in fossil coals]. Yekaterinburg; 2005.

24. Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Rtut' v uglyakh* [Mercury in coals]. Syktyvkar; 2007.

25. Boldyreva A.A. Lanthanum Potentiates GABA-Activated Currents in Rat Pyramidal Neurons of CA1 Hippocampal Field. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2005; 140(4):403–405.

26. Dufresne A., Krier G., Muller J.F., Case B., Perrault G. Lanthanide particles in the lung of a printer. *Sci. Total Environ.* 1994; 151(3):249–252.

27. Hirano S., Suzuki K.T. Exposure, metabolism, and toxicity of rare earths and related compounds. *Environ. Health Perspect.* 1996; 104(Suppl.1):85–95.

28. Pietra R., Sabbioni E., Ubertalli L., Orvini E., Vocaturro G., Colombo F., Zannoni M. Trace elements in tissues of a worker affected by rare earth pneumoconiosis. A study carried out by neutron activation analysis. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 1985; 92(2):247–259.

29. Rim K.T., Koo K.H., Park J.S. Toxicological eval-

uations of rare earths and their health impacts to workers: a literature review. *Saf. Health Work* 2013; 4(1):12–26.

30. Sulotto F., Romano C., Berra A., Botta G.C., Rubino G.F., Sabbioni E., Pietra R. Rare-earth pneumoconiosis: a new case. *Am. J. Ind. Med.* 1986; 9(6):567–575.

31. Vocaturo G., Colombo F., Zaroni M., Rodi F., Sabbioni E., Pietra R. Human exposure to heavy metals. Rare earth pneumoconiosis in occupational workers. *Chest* 1983; 83(5):780–783.

Поступила 12.02.2014

Контактная информация

Кирилл Сергеевич Голохваст,

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,

доцент кафедры нефтегазового дела и нефтехимии,

директор Научно-образовательного центра по направлению нанотехнологии,

Дальневосточный федеральный университет,

690950, г. Владивосток, ул. Суханова, 8.

E-mail: droopy@mail.ru

Correspondence should be addressed to

Kirill S. Golokhvast,

PhD, Senior staff scientist,

Associate Professor of Department of Petroleum Engineering and Petrochemicals,

Director of Nanotechnology Research & Education Center,

Far Eastern Federal University,

8 Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russian Federation.

E-mail: droopy@mail.ru