

zamewajuwih mikrojelementov i sopushtvujuwih materialov / T. S. Smirnova, O. I. Serebrjakov // *Geologija, geografija i global'naja jenergija*. – 2007. – № 2. – S. 67.

19. Smirnova T. S. Formirovanie jekologicheskikh geosistem Prikaspijskoj vpadiny v uslovijah razvedki i razrabotki neftegazovyh mestorozhdenij / T. S. Smirnova, O. I. Serebrjakov // *Geologija, geografija i global'naja jenergija*. – 2007. – № 2. – S. 68–69.

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Корнилов Илья Андреевич, аспирант, Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 119991, Россия, г. Москва, Ленинский проспект, 65, e-mail: korn55@mail.ru*

*Новых Лариса Леонидовна, кандидат биологических наук, доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: novykh@bsu.edu.ru*

*Корнилов Андрей Геннадьевич, профессор, доктор географических наук, заведующий кафедрой, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: Kornilov@bsu.edu.ru*

*Стаценко Екатерина Артуровна, ассистент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, 308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: statsenko@bsu.edu.ru*

*Показан умеренный уровень воздействия шахтной горнопромышленной деятельности на земельные ресурсы, в том числе почвы и наземные экосистемы. Признаки активизации экзогенных процессов не выявлены. Геохимическая ситуация складывается под воздействием как промышленной, так и сельскохозяйственной деятельности. Проведенное геохимическое районирование промышленного района с использованием математических методов не противоречит его почвенно-ландшафтной дифференциации.*

*Ключевые слова: почвы горно-промышленных территорий, математические методы при геохимическом районировании, геоэкология.*

## **GEOECOLOGICAL SITUATION IN THE INDUSTRIAL ZONE OF THE BELGOROD REGION**

*Kornilov Ilija A., Post-graduate student, Russian State University of Oil and Gas of I.M. Gubkin, 65 Leninsky ave, Moscow, 119991, Russia, e-mail: korn55@mail.ru*

*Novykh Larisa L., C.Sc. in Biology, Associate Professor, Belgorod State National Research University, 85 Pobeda st., Belgorod, 308015, Russia, e-mail: novykh@bsu.edu.ru*

*Kornilov Andrey G., C.Sc. in Geography, Professor, Belgorod State National Research University, 85 Pobeda st., Belgorod, 308015, Russia, e-mail: Kornilov@bsu.edu.ru*

*Statsenko Ekaterina A., Senior Lecturer, Belgorod State National Research University, 85 Pobeda st., Belgorod, 308015, Russia, e-mail: statsenko@bsu.edu.ru*

*Showed a moderate level of impact of mining activities on land resources, including soils and terrestrial ecosystems. Signs of activation of the exogenous processes have been identified. Geochemical situation is under the influence of both industrial and agricultural activities. Conducted geochemical zoning of the industrial area by using mathematical methods do not contradict its soil and landscape differentiation.*

**Key words:** *ground of mountain-industrial territories, mathematical methods in geochemical zonation, geoecology.*

Среди районов Белгородской области особое место занимает Яковлевский, так как на его территории находится крупный промышленный объект – Яковлевский рудник, на правобережной части бассейна в верховьях р. Ворсклы. Правобережье характеризуется большей расчлененностью рельефа: широко представлены пологие водораздельные склоны, сменяющиеся на покатые прибалочные склоны, цирковидные балки, имеющие в своих верховьях лесные массивы байрачного типа.

Загрязнение окружающей среды вокруг промышленных предприятий, отвалов, автомагистралей на прилегающих сельскохозяйственных угодьях может происходить атмосферным путем, гидрогенным и непосредственным внесением их в ходе сельскохозяйственной деятельности. В первом случае происходит сдувание мелких пылеватых частиц порывами ветра и разнос их на окружающую местность. Второй путь рассеивания элементов-загрязнителей более очевиден из-за развития на склонах техногенных и природных форм рельефа борозд глубиной до 10–15 см и иных проявлений эрозии. На территории промышленной зоны Яковлевского района на склонах речной долины и крупных балок широко развит плоскостной смыв. Как правило, это выражается в локальном обнажении подпочвенных отложений (глинистые и карбонатные породы), поэтому на некоторых участках пахотных земель на темном фоне черноземных почв выделяются более светлые пятна, имеющие бурую или серовато-белую окраску, в зависимости от подстилающих их материнских пород. Основной ландшафтный фон на исследуемой территории создают наиболее характерные формы эрозионного рельефа – балки. Овраги представлены единичными формами и приурочены в основном к склонам балок. Вследствие производственной деятельности возникли положительные техногенные формы рельефа в пределах горного отвода Яковлевского рудника, представленные отвалами пустых пород и складами готовой железорудной продукции, строящихся и функционирующих производственных и транзитных автомагистралей.

Наши натурные геоэкологические исследования 2010–2011 гг. показывают, что явные признаки воздействия умеренных проявлений техногенных процессов на окружающую природную среду, в том числе на активизацию экзогенных процессов за пределами промышленных площадок, отсутствуют. Исключение составляют отдельные проявления случаев смыва рудного материала (растворимой части, в том числе обогащенной соединениями железа) в эрозионную и гидрографическую сеть.

Почвенное обследование территории промрайона показало, что господствующим типом почв являются черноземы, в частности, преобладают черноземы типичные, но встречаются также черноземы выщелоченные. В настоящее время большая их часть является агрочерноземами. Эти почвы занимают плакоры и склоны различной крутизны. В балках, где произрастают леса,

представлены темно-серые лесные почвы. В долине реки и ручьев встречаются луговые почвы различной степени оглеения и иловато-глеевые почвы.

Геохимическое обследование территории включало опробование 25 точек, охватывающих все разнообразие экологических ситуаций на исследуемом участке. Пробные площадки размещались на плакорах, приплакорных склонах, склонах и днищах балок, в речной долине. 40 % пробных площадок находились на приплакорных склонах, что соответствует преобладанию склонового типа местности. Растительность на пробных площадках была представлена культурной полевой, сорно-полевой на заброшенных полях, луговой, влажно-луговой, болотной, лесной, лесопосадкой. Лидировали луговая растительность – 40 % площадок и полевая – 36 % площадок.

На землях промобъектов преобладают технопочвы и агропочвы. Природные насыпные грунты сформировались в процессе строительства промышленных объектов, они различаются по гранулометрическому составу и содержанию гумуса. Техногенные грунты представлены инертными промышленными отходами. Часть территории землеотводов закрыта дорожными покрытиями, зданиями, строениями. Частично это запечатанные грунты, частично – экраноземы.

В ходе исследования был проведен анализ образцов почв на содержание валовых форм тяжелых металлов и других загрязнителей (Be, Cd, Co, As, Ni, Hg, Pb, Se, Sb, Cr, Tl, Cu, Mo, Zn, Ag, Sr, Zr, V, Mn, Fe, Ba, Al, SO<sub>3</sub>, <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, Аэф). Некоторые элементы не обнаружены (Hg, Tl, Ag). При этом проведено картографирование результатов измерений, рассчитаны коэффициенты концентрации каждого элемента, проведен статистический анализ распределения химических элементов в разрезе учетных площадок, а также отдельно исследуемых почвенных слоев, отобранных на глубине 0–5 и 5–20 см, рассчитан суммарный показатель загрязнения Zc, определяющий опасность загрязнения почв.

Относительно содержания радиоактивных элементов и Аэф установлено, что точки с наибольшими значениями показателей тяготеют к определенным промышленным объектам, хотя присутствуют и отдаленные максимумы, что говорит о сложной структуре источников формирования соответствующих гео-радиохимических ареалов, в которой определенный вклад вносит также и горно-промышленная деятельность. В целом в окружающей среде превышений ПДК по Аэф и другим определяемым элементам не выявлено. Высокая степень дифференциации территориальных значений содержания <sup>137</sup>Cs сопровождается довольно большим разбросом мест проявления максимумов, в том числе за пределами промышленных зон, что говорит о вероятном стороннем поступлении цезия, например, во время аварии на Чернобыльской АЭС. Содержание прочих элементов находится в пределах действующих нормативов, установленных для почв населенных мест. При этом для большинства из них на картах не выявляется выраженного градиента концентрации относительно промышленных объектов, некоторое превышение с учетом розы ветров в отношении почв, прилегающих к промплощадкам, можно отметить для Cu, Pb, Ni, As, V, Sb.

Суммарное химическое загрязнение почв в пределах всей обследуемой территории находится в пределах Zc от 2 до 6, что классифицируется как относительно удовлетворительное состояние почв селитебных территорий. Ареалы с Zc до 6 прилегают: один – локально к промышленной зоне, второй – к населенному пункту (с. Яковлево), третий расположен на сельскохозяйственных угодьях на некотором отдалении (600–800 м) от промзоны.

Помимо картографического анализа, статистическая обработка данных [1] по геохимии почв Яковлевской промзоны включала:

- исследование статистических зависимостей между определяемыми элементами;
- объединение точек отбора проб в районы (районирование).

Для адекватного статистического сравнения элементов между собой их нужно привести к безразмерным величинам. При этом значения содержаний элементов нормируются: для каждого элемента находится его минимальное значение, затем все замеры этого элемента делятся на найденное минимальное значение. Если минимальное значение – нуль, то нули заменяются на ненулевое минимальное значение (например, в размере погрешности измерения).

В таблице 1 приведены коэффициенты корреляции содержания для каждого элемента попарно в слое 0–5 см и слое 5–20 см. Высокие значения коэффициента могут, в частности, свидетельствовать о высоком уровне обмена между слоями или о формировавшемся длительное время равновесном распределении. Соответственно, низкие значения свидетельствуют об обратных процессах и, возможно, о процессах продолжающегося поступления ингредиентов, в том числе из различных по происхождению источников загрязнения (в случае превышения концентраций первого слоя) и (или) либо о прекращении (сокращении) дальнейших выпадений, либо о процессах локального эрозионного выноса.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции содержания элемента попарно:  
в слое 0–5 см и в слое 5–20 см**

Cs	K	Ra	Th	Аэф	Be	V	Cd	Co	As	Ni	Pb	Se
0,25	0,24	0,19	0,56	0,77	0,80	0,88	0,70	0,32	0,82	0,95	0,66	0,92
Sb	Cr	Mn	Cu	Mo	Zn	Fe	Ba	Sr	Zr	Al	S	
0,44	0,74	0,38	0,94	0,73	0,90	0,64	0,95	0,81	0,59	0,76	0,81	

В таблице 2 приведены коэффициенты корреляции между значениями содержания в почве различных элементов. На их основе были выявлены группировки относительно сопряженных элементов: 1 – медь, цинк, мышьяк, свинец; 2 – алюминий, кадмий; 3 – стронций, хром, барий. Общность динамики концентраций элементов может быть обусловлена как общностью процессов поступления, так и схожими процессами накопления и выноса. Дифференциация указанных зависимостей не проводилась, т.к. для этого требуется проведение более детальных исследований.

Районирование проводится на основе кластерного анализа. Произведен расчет коэффициента  $C$  качества разбиения исходных данных на кластеры (этот коэффициент можно рассматривать как аналог коэффициента корреляции: чем его значение ближе к 1, тем лучше выполнено разбиение на кластеры). Для исследуемых данных  $C = 0,9756$ . Полученные результаты кластеризации можно представить в виде дендрограммы (рис.). Например, по дендрограмме видно, что с наименьшим расстоянием в один кластер можно объединить 13 и 19 точки, что согласуется с картой отбора проб, т.к. эти точки находятся в непосредственной близости. С несколько большим расстоянием (мерой близости) можно объединить точки 12 и 16 (на карте располагаются в географической близости), 10 и 15 и т.д. Сильно отличаются точки (по убыванию расстояний от других кластеров), представляющие собой, во-первых, обра-

зец почвогрунтов отстойника; во-вторых, техноземы на промплощадке; в-третьих, на участке поймы (точка отделена от промзоны геохимическим барьером); в-четвертых, участок гидроморфных почв на дне лесной балки. Плакорные и приплакорные пахотные и остепненные участки де-факто группируются как по признаку близости географического расположения, так и по общности физико-географических условий.

Таблица 2

**Коэффициенты значимых парных корреляций содержания химических элементов в почвогрунтах в промзоне Яковлевского района**

	Cs <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	Ra <sub>2</sub>	Th <sub>2</sub>	Aэф <sub>1</sub>	Aэф <sub>2</sub>	Cd <sub>2</sub>	As <sub>1</sub>	As <sub>2</sub>	Pb <sub>1</sub>	Pb <sub>2</sub>
Aэф <sub>1</sub>		0,63	0,54								
Cr <sub>2</sub>	0,55										
Cu <sub>1</sub>								0,58			0,73
Cu <sub>2</sub>								0,56			0,69
Zn <sub>1</sub>								0,59	0,52		0,62
Zn <sub>2</sub>								0,64			0,61
Ba <sub>1</sub>										0,69	0,53
Ba <sub>2</sub>										0,72	
Sr <sub>1</sub>		0,58		0,55	0,84	0,62					
Sr <sub>2</sub>				0,55	0,63	0,72				0,59	0,50
Al <sub>2</sub>							0,54				

Примечание. Индекс рядом с названием элемента: 1 – для слоя почвы глубиной 0–5 см, 2 – для слоя почвы глубиной 5–20 см.

Продолжение таблицы 2

	Se <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub>	Cu <sub>1</sub>	Cu <sub>2</sub>	Ba <sub>1</sub>	Ba <sub>2</sub>
Zn <sub>1</sub>			0,75	0,77		
Zn <sub>2</sub>			0,75	0,78		
Ba <sub>1</sub>			0,63	0,52		
Ba <sub>2</sub>			0,61		0,95	
Sr <sub>1</sub>					0,51	0,55
Sr <sub>2</sub>		0,56			0,60	0,59
Al <sub>2</sub>	0,52					

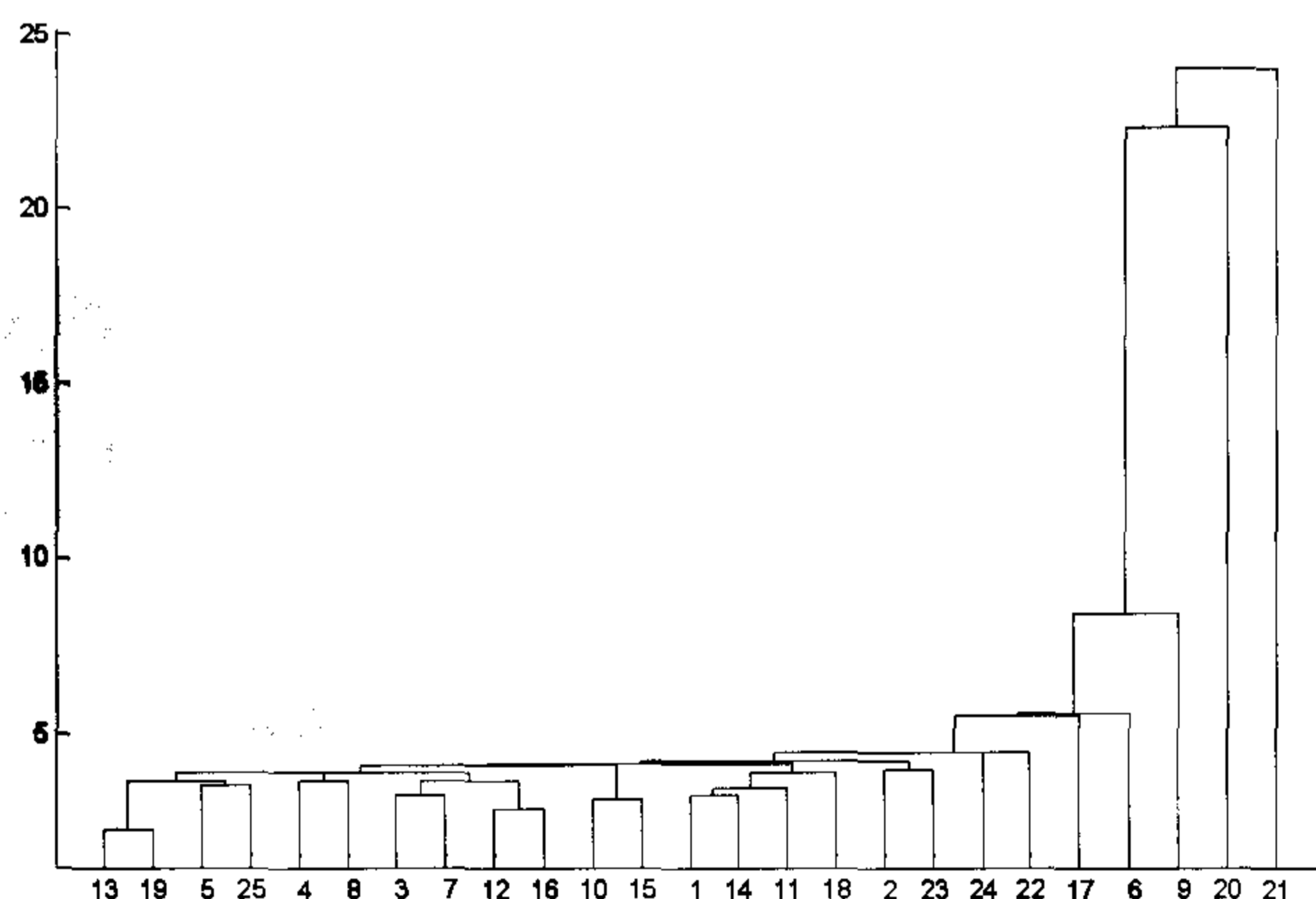


Рис. Дендрограмма районирования учетных площадок

### Заключение

Исследование земельных ресурсов промышленного района с участием шахтной добычи железной руды показало следующее.

1. Производственная деятельность характеризуется умеренным уровнем воздействия на окружающую среду (земельные ресурсы, наземный растительный и животный мир) как в части обусловленных ею экзогенных процессов, так и в части геохимической обстановки, за исключением гидроэкологической ситуации [3], здесь не рассматриваемой.

2. Применение математических методов, наряду с географическими (картографический и т.д.), может быть вполне информативным, так как приведенное геохимическое районирование показывает высокий уровень соответствия с сопряженной почвенно-ландшафтной дифференциацией.

3. На языке Matlab была разработана программа, с помощью которой можно проводить исследования, подобные анализу, осуществленному в данной работе. В частности, находить разбиение на кластеры для различных значений пороговой величины, строить бинарные деревья кластеров, дендрограммы, матрицы ковариаций, проверять значимость парных коэффициентов корреляции и др.

*Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2012 г. (№ Приказа 5.1739.2011).*

### Список литературы

1. Дюрэн Б. Кластерный анализ / Б. Дюрэн, П. Оделл ; пер. с англ. Е. З. Демиденко. – М. : Статистика, 1977. – 128 с.
2. Корнилов А. Г. Современные изменения природных комплексов в Старооскольско-Губкинском промышленном районе Белгородской области / А. Г. Корнилов, А. Н. Петин, Е. В. Кичигин [и др.] // Известия РАН. – 2008. – № 2. – С. 85–92. – (Сер. географическая).
3. Корнилов А. Г. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области / А. Г. Корнилов, С. Н. Колмыков, Е. В. Кичигин, Л. Ю. Гордеев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 6. – С. 134–139.
4. Некрич А. С. Нарушения природной среды в местах разработки железорудных месторождений в Белгородской области / А. С. Некрич // Известия РАН. – 2006. – № 6. – С. 81–87. – (Сер. географическая).

### References

1. Djuran B. Klasternyj analiz / B. Djuran, P. Odell ; per. s angl. E. Z. Demidenko. – M. : Statistika, 1977. – 128 s.
2. Kornilov A. G. Sovremennye izmeneniya prirodnyh kompleksov v Starooskol'sko-Gubkinskom promyshlennom rajone Belgorodskoj oblasti / A. G. Kornilov, A. N. Petin, E. V. Kichigin [i dr.] // Izvestija RAN. – 2008. – № 2. – S. 85–92. – (Ser. geograficheskaya).
3. Kornilov A. G. Sravnitel'naja harakteristika vozdeystvija gornodobyvajuwih predpriyatij KMA na jekologicheskuj situaciju rek Belgorodskoj oblasti / A. G. Kornilov, S. N. Kolmykov, E. V. Kichigin, L. Ju. Gordeev // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'. – 2010. – № 6. – S. 134–139.