

УДК 504.06:504.4

И. А. КОРНИЛОВ (Российский государственный университет нефти и газа)  
С. Н. КОЛМЫКОВ, А. Н. ПЕТИН (Белгородский государственный университет)

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ КМА НА ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ\*



И. А. КОРНИЛОВ,  
аспирант



С. Н. КОЛМЫКОВ,  
старший преподаватель,  
канд. геогр. наук



А. Н. ПЕТИН,  
декан, проф.,  
д-р геогр. наук

Приведены результаты химического анализа вод речной системы Белгородской области — одного из крупнейших горнопромышленных регионов России. Отмечено, что, несмотря на высокую промышленную нагрузку со стороны горнодобывающих предприятий, экологическое состояние и природное биоразнообразие водоохранных зон остается стабильным.

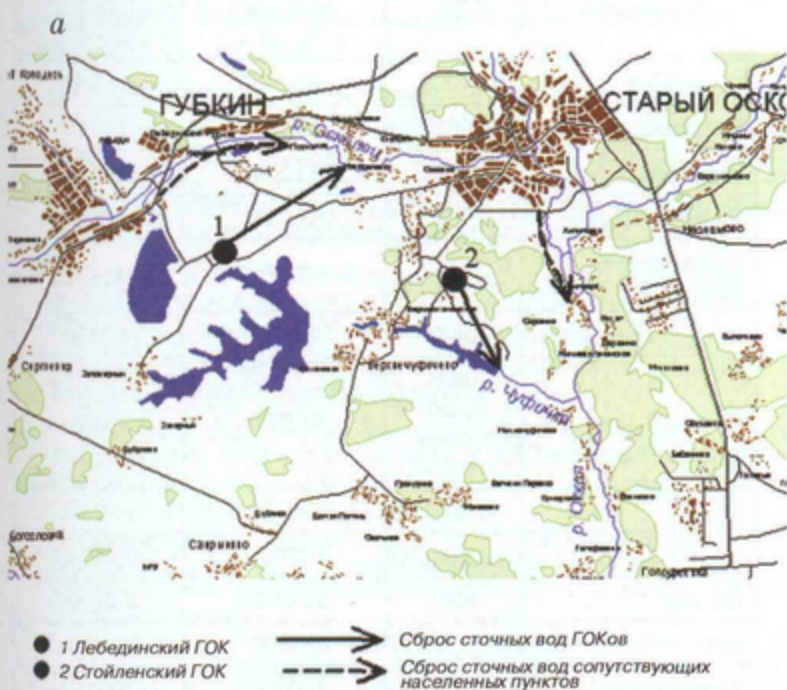
**Ключевые слова:** железорудные месторождения КМА, подземная добыча, открытые разработки, промышленные стоки, речная система, поверхностные водоемы, уровень загрязнения, экосистемы.

Белгородская область является наиболее значимой в горнопромышленном отношении частью региона Курской магнитной аномалии (КМА), а добыча и перера-

ботка железной руды занимает в экономике области доминирующее положение.

Работы по осушению обводненных железорудных месторождений КМА, а также сооружение значительных по объему технических водоемов (хвостохранилищ, шламонакопителей) в настоящее время привели к серьезным изменениям в естественном водном балансе территорий общей площадью более 450 км<sup>2</sup>, в том числе смешению вод различных водоносных горизонтов, изменению качества поверхностных вод за счет сброса дренажных и сточных вод. К числу рек, подвергающихся подобному негативному воздействию со стороны горнорудных предприятий Белгородской области, относятся Ворскла, Осколец, Чуфичка, Оскол (см. рисунок).

Яковлевский рудник является одним из крупных предприятий, которое оказывает непосредственное влияние на экологическое состояние р. Ворскла. Откачиваемые шахтные воды подземного рудника характеризуются хлоридно-натриевым соста-



Воздействие сточных вод Лебединского и Стойленского ГОКов на систему р. Оскол (а) и сбросных вод Яковлевского рудника на р. Ворскла (б)

© Корнилов И. А., Колмыков С. Н., Петин А. Н., 2012

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

Таблица 1. Химический анализ вод р. Ворскла при наличии сброса шахтных вод, мг/дм<sup>3</sup>

Показатель	ПДК <sub>р,х</sub>	2007 г.		2011 г.		2012 г.	
		Пос. Яковлево (выше сброса)	Ниже Крапивнинского водохранилища	Пос. Яковлево (выше сброса)	Ниже Крапивнинского водохранилища	Пос. Яковлево (выше сброса)	Ниже Крапивнинского водохранилища
Нитраты	40	2,85	1,1	5,118	9,459	2,881	7,172
Нитриты	0,08	0,0514	0,023	0,223	0,219	0,036	0,03
Азот аммонийный	0,5	0,336	0,372	0,39	0,381	0,156	0,183
Железо общее	0,1	0,356	0,427	0,284	0,148	0,393	0,117
Медь	0,001	0,028	0,031	0,0238	0,0132	0,0049	0,0073
Цинк	0,01	0,004	0,008	0,0198	0,0250	0,0811	0,0086
Свинец	0,006	0,0025	0,00525	0,01581	0,00799	0,00433	0,00677
Фтор	0,05 в доп. к фону (0,729)	0,679	2,418	–	–	0,123	1,635
Бор	0,5	0,128	0,6255	–	–	–	–
Хлориды	300	55,04	487,63	–	–	–	–
Минерализация	–	483,35	1317,95	646,82	1103,25	699,67	1056

вом с минерализацией 3,3–3,9 г/л, слабощелочной средой, повышенной жесткостью (8–9,3 мг-экв/л). Объем сбросных вод в р. Ворскла составляет около 4 млн м<sup>3</sup> в год (0,13 м<sup>3</sup>/с) [1].

Результаты исследований химического состава вод р. Ворскла, выполненные в 2007 [2], 2011 и 2012 гг. (табл. 1), показали, что шахтные воды разбавляют высокое содержание нитратов в р. Ворскла (обусловленное сельскохозяйственным стоком) на протяжении более 10–15 км течения реки [2]. Наличие значительного количества железа, меди, цинка, свинца как в водах р. Ворскла, так и в дренажных стоках обусловлено различными причинами: высоким естественным содержанием меди, цинка и железа в почвах Белгородской области, большим числом антропогенных источников свинца, меди, цинка, железа, а также поступлением соединений железа и других элементов из притоков р. Ворскла [3]. Зона влияния промышленных стоков Яковлевского рудника (значительные количества хлоридов, бора и фтора, а также повышенная минерализация) прослеживается на расстоянии до 60 км в течении р. Ворскла.

Сброс производственных стоков Лебединского ГОКа происходит непосредственно в р. Осколец (правый приток р. Оскол) порядка 10 млн м<sup>3</sup> в год (0,32 м<sup>3</sup>/с) [4]. Проведенные исследования химического состава воды показывают, что содержание всех загрязняющих веществ (кроме сухого остатка и сульфатов) после попадания сточных вод Лебединского ГОКа в р. Осколец снижается (нефтепродукты — с 3,4 до 0,6 ПДК; железо — с 5 до 3 ПДК; марганец — с 3,5 до 2,5 ПДК; медь — с 9 до 3 ПДК). Сухой остаток и сульфаты после сброса сточных вод увеличиваются в 1,07 и 1,03 раза соответственно.

Река Оскол является той водной артерией Белгородской области, которая в наибольшей степени

подвержена влиянию горнодобывающих предприятий Старооскольско-Губкинского промышленного района. Так, сточные воды Лебединского ГОКа поступают в нее через р. Осколец, сбросы Стойленского ГОКа — через

Таблица 2. Качественный состав воды в р. Оскол, мг/л

Показатель	ПДК <sub>р,х</sub>	Выше впадения р. Чуфички	Ниже впадения р. Чуфички
Сульфаты	100	60,583	51,753
Нитраты	40	11,543	12,097
Хлориды	300	31,303	26,293
Железо общее	0,1	0,033	0,0867
Взвешенные вещества	–	7,76	8,527
Нефтепродукты	0,05	0,021	0,039
Фтор	0,05 в доп. к фону (0,327)	0,277	0,26
Медь	0,001	< 0,01	< 0,01
Цинк	0,01	0,0307	0,00567
Никель	0,01	0,00543	0,00433
Бор	0,5	< 0,1	< 0,1
Марганец	0,01	0,0307	0,0323
Свинец	0,006	0,00203	0,0024
Жесткость	–	5,513	5,667
Минерализация	–	539	522
Окисляемость перманганатная	–	4,79	4,023

р. Чуфичка, которая также является правым притоком р. Оскол, фильтраты из хвостохранилищ Лебединского и Стойленского ГОКов проникают через подземные водоносные горизонты — так называемый неорганизованный рассеянный выпуск.

Проведенные в 2007–2008 гг. исследования показали, что содержание ряда загрязняющих веществ (нефтепродуктов, марганца, стронция, сульфатов, фторидов цинка) в водах р. Оскол увеличивается по сравнению с их содержанием до зоны воздействия горнодобывающих предприятий (севернее г. Старый Оскол). Однако в то же время по некоторым веществам (взвешенным веществам, минерализации, сухому остатку, ХПК, железу, магнию, хлоридам) этот показатель снижается (с. Яблоново; на расстоянии 14,8 км ниже по течению от места последнего сброса) [4].

Дополнительные исследования, проведенные в 2011–2012 гг. (табл. 2), выявили неоднозначный характер влияния разных горнодобывающих предприятий Белгородской области на экологию водных ресурсов. При этом предприятия, ведущие добычу полезных ископаемых открытым способом, оказались более экологичными в отношении водных ресурсов, нежели подземные рудники.

#### Выводы

В целом воздействие, оказываемое комплексом горнодобывающих предприятий Старооскольско-Губкинского промышленного района на речную систему, является разнонаправленным. Зона активного влияния на воды р. Оскол (сбросы Лебединского и Стойленского ГОКов) прослеживается на протяжении порядка 15 км ниже по течению от места последнего сброса в районе с. Яблоново, на р. Ворскла (стоки Яковлевского рудника) — около 60 км.

Несмотря на высокую антропогенную нагрузку водные и околосредовые экосистемы сохраняют свою структуру и функции. По совокупности биологических показателей качество воды можно отнести к «умеренно загрязненным» [5]. Наблюдается обилие водной и околосредовой растительности, животное разнообразие. Экосистемы

долинных участков рек, водоохранных зон приближены к естественным или агрогенным.

#### Библиографический список

1. Корнилов А. Г., Колмыков С. Н., Кичигин Е. В., Гордеев Л. Ю. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области // ГИАБ. 2010. № 6. С. 134–139.
2. Колмыков С. Н., Корнилов А. Г., Кичигин Е. В. Воздействие разработки Яковлевского месторождения на экологическое состояние реки Ворскла // Вопросы осушения, горнопромышленной геологии и охраны недр, геомеханики, промышленной гидротехники, геоинформатики, экологии: матер. IX Междунар. симпозиума. Белгород, 21–25 мая 2007 г. — Белгород: ФГУП «ВИОГЕМ», 2007. С. 371–375.
3. Корнилов А. Г., Петин А. Н., Лебедева М. Г., Колмыков С. Н., Петина М. А. Загрязнение водных объектов Белгородской области в условиях аномальной жары 2010 года // Проблемы региональной экологии. 2012. № 2. С. 58–62.
4. Корнилов А. Г., Петин А. Н., Колмыков С. Н. Оценка экологического ущерба водным объектам (на примере деятельности предприятий горнодобывающего комплекса КМА) // Изменения состояния окружающей среды в странах дружества в условиях текущего изменения климата / отв. ред. В. М. Котляков. — М.: Медиа-Пресс, 2008. — 232 с.
5. Колмыков С. Н., Корнилов И. А. Экологическое состояние водных объектов Старооскольско-Губкинского района как элементов экологического и рекреационного каркаса // Современные проблемы освоения недр: матер. II Междунар. заочной науч.-практич. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. — Белгород: ИПК НИУ «БелГУ», 2012. С. 153–156.

Корнилов Илья Андреевич,  
e-mail: korn55@mail.ru

Колмыков Сергей Николаевич,  
e-mail: kolmykov@bsu.edu.ru

Петин Александр Николаевич,  
e-mail: petin@bsu.edu.ru

#### ASSESSMENT OF THE IMPACT OF MINING ENTERPRISES OF KURSK MAGNETIC ANOMALY ON THE HYDROECOLOGICAL SITUATION OF BELGOROD REGION

Kornilov I. A.<sup>1</sup>, Post-Graduate Student, e-mail: korn55@mail.ru  
Kolmykov S. N.<sup>2</sup>, Senior Lecturer, Candidate of Geographical Sciences  
Petin A. N.<sup>2</sup>, Dean, Professor, Doctor of Geographical Sciences

<sup>1</sup> Russian State University of Oil and Gas (Moscow, Russia)

<sup>2</sup> Belgorod State University (Belgorod, Russia)

Belgorod region is the most important mining part of a region of Kursk Magnetic Anomaly (KMA). Drainage operations of water bearing iron ore deposits of KMA, along with construction of water reservoirs with significant volumes (tailing dumps, sludge reservoirs), led to the current serious changes in natural water balance of territories, including Vorskla river, Oskolets river, Chufichka river and Oskol river.

The chemical composition of Vorskla river waters was researched in 2007, 2011 and 2012. The research results have shown that the mine waters of Yakovlevsky mine dilute the high content of nitrates in Vorskla river of more than 10-15 km of river flow. The presence of significant quantity of Fe, Cu, Zn and Pb both in waters of river and in drainage flows, is substantiated by the following factors:

- high natural content of Cu, Zn, and Fe in the subsoils of Belgorod region;
- large quantity of anthropogenic sources of Pb, Cu, Zn and Fe;
- inflow of compounds of Fe and other elements from the confluents of Vorskla river.

The impact zone of industrial effluents of Yakovlevskiy mine is retraced up to 60 km in the flow of Vorskla river.

The Oskol river is under the significant influence of mining enterprises of Stary Oskol and Gubkin industrial area. The waste waters of Lebedinsky and Stoylenskiy ore dressing and processing enterprises come to the Oskol river, by means of its confluents. The held researches of chemical composition of water, show that the content of all contaminants (except the solid residual and sulphates) decreases after the ingress of waste waters into the Oskolets river (oil products — from 3,4 to 0,6 of maximum allowable concentration; iron — from 5 to 3 of maximum allowable concentration; manganese — from 3,5 to 2,5 of maximum allowable concentration; copper — from 9 to 3 of maximum allowable concentration). After the discharge of waste waters, the solid residual and sulphates increase to 1,07 and 1,03 times respectively. The dynamic impact area on the waters of Oskol river is

for about 15 km downstream from the place of last discharge (Yablonovo village).

In spite of the high anthropogenic load, the water and near-water ecosystems keep their structure and functions. According to the total biological parameters, the quality of water can be rated as «moderately polluted». There is observed the abundance of water and near-water vegetation, as well as the variety of animals. The ecosystems of valley reaches of river and water protection areas are approximated to natural or agrogenic.

The researches were held within the realization of the State Assignment of Ministry of Science and Education of Russian Federation at 2012, by Belgorod State National Research University (Order No. 5.1739.2011).

The researches were held within the realisation of the State Assignment of Ministry of Science and Education of Russian Federation at 2012, by Belgorod State National Research University (Order No. 5.1739.2011).

**Key words:** iron ore deposits of Kursk Magnetic Anomaly, underground mining, open pit, industrial effluents, river system, surface water, pollution level, ecosystems.

**REFERENCES**

1. Kornilov A. G., Kolmykov S. N., Kichigin E. V., Gordeev L.Y. *Gornyy Informatsionno-Analiticheskiy Byulleten — Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2010, No. 6, pp. 134–139.
2. Kolmykov S. N., Kornilov A. G., Kichigin E. V. *Vozdeystvie razrabotki Yakovlevskogo mestorozhdeniya na ekologicheskoe sostoyanie reki Vorskla* (The development impact of Yakovlevskiy deposit on the ecological state of the Vorskla river). *Voprosy osusheniya, gornopromyshlennoy geologii i okhrany neдр, geomekhaniki, promyshlennoy gidrotekhniki, geoinformatiki, ekologii: materialy IX mezhdunarodnogo simpoziuma* (Problems of draining, mining industrial geology and conservation of mineral resources, geomechanics, industrial hydraulic engineering, geoinformatics, ecology: materials of the IX International Symposium). Belgorod, "VIOGEM" Institute, 21–25 May 2007, pp. 371–375.
3. Kornilov A. G., Petin A. N., Lebedeva M. G., Kolmykov S. N., Petin M. A. *Problemy regionalnoy ekologii — Problems of regional ecology*, 2012, No. 2, pp. 58–62.
4. Kornilov A. G., Petin A. N., Kolmykov S. N. *Otsenka ekologicheskogo ushcherba vodnym obektam (na primere deyatel'nosti predpriyatiy gornodobyvayushchego kompleksa Kurskoy Magnitnoy Anomalii)* (Assessment of ecological damage to water facilities (by the example of the activities of the enterprises of the mining complex of Kursk Magnetic Anomaly)). *Izmeneniya sostoyaniya okruzhayushchey sredy v stranakh sodruzhestva v usloviyakh tekushchego izmeneniya klimata* (Changings of the state of the environment in the countries of the Commonwealth in the current changings of climate). Under the editorship of V. M. Kotlyakov. Moscow: Media-Press, 2008, 232 p.
5. Kolmykov S. N., Kornilov I. A. *Ekologicheskoe sostoyanie vodnykh obektov Staroskolsko-Gubkinskogo rayona kak elementov ekologicheskogo i rekreatsionnogo karkasa* (Ecological status of water bodies of Sary Oskol and Gubkin region as the elements of ecological and recreational framework). *Sovremennyye problemy osvoeniya neдр: materialy II Mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov* (Modern problems of the subsoils exploitation: materials of the II International scientific and practical correspondence conference of young scientists, post-graduate students and students). Belgorod: Publishing house "Belgorod", 2012, pp. 153–156.

УДК 622.583.001.57

Ю. И. ВОЛКОВ, А. А. ИЗОТОВ, М. В. РЯЖСКИХ (ОАО «ВИОГЕМ»)

## ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗРАБОТКИ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ОСУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



Ю. И. ВОЛКОВ,  
генеральный директор,  
канд. техн. наук



А. А. ИЗОТОВ,  
главный инженер,  
канд. техн. наук



М. В. РЯЖСКИХ,  
старший научный  
сотрудник

На примере карьеров Лебединского и Приоскольского ГОКов представлена методика численного моделирования процессов геофильтрации и выбора оптимальных вариантов систем осушения и защиты от подземных вод действующих и проектируемых карьеров.

**Ключевые слова:** месторождения региона КМА, горные работы, карьеры, региональная гидрогеологическая модель, численное моделирование на основе GMS, локальные модели, гидрогеология, водопитоки, системы осушения, критерии оптимальности.

Более 50 лет институт «ВИОГЕМ» является ведущим в области разработки и проектирования систем осушения

железорудных и других месторождений, освоение которых происходит в весьма сложных геолого-гидрогеологических условиях высокой водообильности и многослойного строения водовмещающей толщи, невыдержанности водоносных и слабопроницаемых отложений в плане и по глубине, их литолого-фациальной изменчивости и др. Качественный прорыв в этой области знаний, теории и практики обусловлен стремительным развитием в мире компьютерных технологий, в частности геоинформационных систем (ГИС) численного моделирования.

Моделирование процесса геофильтрации позволяет более глубоко, в сравнении с аналитическими методами расчета, познать сущность объекта, выявить его новые, неизвестные ранее свойства или закономерности путем детального анализа исходной информации в пределах всей изучаемой области, установления свойственных