

Таблица 3

Индексы качества жизни, уровня жизни и уровня социального благополучия

Индексы	1990 г.	1991 г.	1992 г.	1993 г.	1994 г.	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.	1999 г.
Качество жизни населения	1,187	1,116	1,049	0,979	0,915	0,856	0,867	0,888	0,934	0,954
Уровень жизни населения	1,272	1,155	0,928	0,811	0,710	0,625	0,716	0,808	0,845	0,813
Уровень социального благополучия	1,212	1,127	1,011	0,930	0,855	0,788	0,821	0,864	0,908	0,913

Таблица 4

Ранговая корреляция уровня социального благополучия населения административных районов Могилевской области с показателями регионального развития, здоровья населения и уровнем урбанизации

Индексы	Уровень социального благополучия	
	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации
Устойчивость экономического развития	0,766	0,587
Устойчивость демографического развития	0,943	0,889
Устойчивость экологического развития	- 0,767	0,588
Уровень здоровья населения	0,855	0,731
Уровень урбанизации	0,890	0,792
Качество жизни населения	0,995	0,990
Уровень жизни населения	0,851	0,724

Примечание. Достоверное значение коэффициента ранговой корреляции Спирмена 0,56 при $P = 0,99$ для $v=19$ [10].

Предложенная методика экономико-географической оценки устойчивости развития региона, апробированная на примере Могилевской области, может рассматриваться как один из возможных вариантов решения этой важной научной задачи. Результаты исследования могут использоваться для комплексной оценки устойчивости развития других регионов страны и сопредельных государств. Полученная информация о проблемах регионального развития – основа организации комплексного регионального мониторинга и региональной политики.

1. Голубев Г. Н. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. 1998. № 4. С. 61.
2. Котляков В. М., Трофимов А. М., Селиверстов Ю. П. и др. // Изв. РАН. Сер. геогр. 1998. № 1. С. 36.
3. Швецов А. А. // Природные ресурсы. 1999. № 2. С. 59.
4. Atkinson G., Hamilton K. // Environment (USA). 1996. Vol. 38. № 7. P. 16.
5. Матрусов Н. Д. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. 1993. № 1. С. 30.
6. Райх Е. Л. // Окружающая среда и здоровье человека. М., 1979. С. 8.
7. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь. Мн., 1997.
8. Романова Э. П., Куракова Л. И., Ермаков Ю. Г. Природные ресурсы мира М., 1993.
9. Жумагулова Г. Н. // Социально-экономическая география в Казахстане. Алма-Ата, 1990. С. 115.
10. Чертко Н. К. Математические методы в физической географии. Мн., 1987.

Поступила в редакцию 13.02.2001

Ридевский Геннадий Владимирович – старший преподаватель кафедры географии и охраны природы МГУ им. А. А. Кулешова.

УДК 622.35:622.85 + 504.06

М. Г. ЯСОВЕЕВ, Ю. А. ГЛЕДКО

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ МИКАШЕВИЧСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КАМНЯ

In the article geoecological (environmental geology) problems of development Mikashevichy's occurrence of building materials are discussed. Is shown antropogenic influence on various components of natural enviroment.

Геоэкологические проблемы, возникшие в процессе эксплуатации крупнейшего в республике предприятия по добыче и переработке гранитного сырья, связаны преимущественно с техногенным изменением геологиче-

ской среды (ГС). Под ГС понимается часть геологического пространства в границах литосферы, характеризующаяся конкретными геологическими условиями, горными породами, подземными водами, тектонической обстановкой, геологическими процессами, рельефом и другими элементами. Увеличение техногенного воздействия на ГС сопровождается неизбежным истощением ее ресурсного потенциала, а также поступлением в ее пределы большого объема загрязняющих отходов, что приводит в конечном итоге к снижению устойчивости ГС. Устойчивость ГС – это способность сопротивляться внешним воздействиям без перехода в новое качество, т. е. без проявления нежелательных эколого-геологических процессов [1].

Месторождение строительного камня расположено в 2 км западнее г. п. Микашевичи. Размеры карьера составляют 1,5×1,3 км, глубина более 120 м, проектная мощность 7,5 млн м³ щебня в год. Дальнейшее развитие предприятия предусматривает увеличение площади отработки до 1,7×2,5 км и глубины до 210 м, расчетный срок функционирования составляет примерно 60 лет. Добываемое полезное ископаемое представлено диоритами, гранодиоритами, гранитами. Общая площадь в границах подсчета запасов месторождения составляет 382 га.

1. Характеристика геоэкологических проблем. В процессе работы предприятия возникают геоэкологические проблемы, которые, если не принимать соответствующих мер, могут привести к необратимым изменениям во всех компонентах природной среды как на примыкающей к месторождению территории, так и в регионе Полесья в целом. Проблемы связаны со строительством и разработкой карьера, вещественным составом добываемых в карьере пород, а также с поступлением в карьер подземных минерализованных вод хлоридного состава.

Геоэкологические ситуации, возникшие в районе месторождения, можно разделить на несколько групп: 1) изменения рельефа; 2) нарушения гидро-геологических и гидрологических условий; 3) преобразования состояния и свойств горных пород; 4) нарушения гидро- и геодинамического равновесия в зоне действия карьера.

1.1. Изменения земной поверхности. В результате многолетней добычи камня образовалась огромная выемка глубиной более 120 м. Породы вскрыши складировались в отвалы, высота которых уже достигает 20 м, общий объем 3,5 млн т, площадь около 315 га. Почвенно-растительный слой, используемый в дальнейшем для рекультивации обработанных участков, снимается и размещается на свободных непродуктивных площадях. Отвалы образовали крупные положительные формы рельефа с максимальной высотой 140 м, отрицательно воздействующие на общую экологическую обстановку.

Значительная техногенная нагрузка на ГС возникает под влиянием элементов строительной индустрии: создается новая сложная городская инфраструктура г. п. Микашевичи, увеличивается население, расширяются границы, осваиваются новые сельскохозяйственные земли, происходит вырубка лесов, строятся дороги, сооружены канал и речной порт. Выполнение работ технологического цикла создает сильное шумовое загрязнение.

1.2. Гидрогеологические и гидрологические проблемы. Разработка месторождения ведется с постоянным водоотливом, вызвавшим снижение уровня подземных вод (УПВ) и изменение водного режима на прилегающих территориях. Значительный по площади и глубине карьер создает понижение УПВ почти всех водоносных горизонтов, развитых в геологическом разрезе, что влечет за собой иссушение почвы и грунтов на прилегающей территории, высыхание лесов, ухудшение использования сельскохозяйственных земель. Понижение уровня грунтовых вод (УГВ) на 2–8 м привело к исчезновению (пересыханию) двух малых рек на территории месторождения.

Водопритоки в карьер из подземных вод составляют в среднем 43,4 тыс. м³/сут, в периоды ливневых осадков значительно больше – 426,8 тыс. м³/сут. Максимальный карьерный водоотлив, нередко превышающий 60 тыс. м³/сут, существенным образом изменил гидродинамические параметры всех водоносных горизонтов, повлек за собой преобразования химического состава подземных и карьерных вод и в целом дестабилизировал гидрогеологические условия района.

Грунтовые воды залегают на глубине от поверхности до 2,1 м в зависимости от рельефа местности. Водоотлив из карьера существенно изменил естественные условия водоносного горизонта, образовавшаяся воронка депрессии снизила уровни на расстоянии 1050 м от карьера на 3,5 м (1981 г.). В конце 1998 г. на расстоянии 2 км от карьера УГВ понизился на 11 м, а на расстоянии 3 км – на 2 м.

Основной водоприток в карьер происходит из рыхлых отложений вскрыши и кристаллических пород полезной толщи. В зоне разработки зафиксирован контакт двух водоносных горизонтов с различными водопроводимостями. Анализ материалов водоотлива из карьера показал, что водоприток увеличивается за счет ливневых осадков и талых вод (в 4–8 раз по сравнению с постоянным). Частичное временное подтопление дна карьера на 5–7 см влияет на соблюдение технологии отработки и транспортировки полезного ископаемого и может сказаться на проведении буровзрывных работ. Поскольку массовые взрывы в карьере следуют с интервалом 5–7 сут, за это время ливневые воды должны быть удалены за пределы карьера.

В 6 км восточнее площади отработки протекает р. Случь. Из других постоянных водотоков на режим ведения водоотлива из карьера могут оказать влияние р. Волхва и магистральные мелиоративные каналы Вальчувка и Ситницкий.

Большое влияние на гидрогеологическую и гидрологическую обстановку района и непосредственно месторождения в настоящее время оказывает хвостохранилище, служащее для отстаивания, осветления и накопления воды перед сбросом в гидросеть, а также при повторном использовании ее в системе оборотного водоснабжения. Песчаная обваловка хвостохранилища способствует фильтрации в водоносный комплекс четвертичных отложений. Количество сточных вод, сбрасываемых из хвостохранилища, зависит от объема карьерного водоотлива и максимально может достигать 62 тыс. м³/сут. Средняя величина сброса составляет 24 тыс. м³/сут.

Карьерные воды характеризуются следующим составом (средние концентрации, мг/л): взвешенные вещества – 26,6 (ПДК–15,0), хлориды – 2075,4 (ПДК–1800,0), сульфаты – 322,8 (ПДК–370,0), сухой остаток – 3801,0 (ПДК–3400,0), нефтепродукты – 0,97 (ПДК–0,3), железо – 0,86 (ПДК–0,5), цинк – 0,076 (ПДК–0,01), никель – 0,002 (ПДК–0,01), медь – 0,002 (ПДК–0,004). Стоки сбрасываются в хвостохранилище, откуда попадают в Ситницкий канал. Карьерный водоотлив составляет основной объем стоков, сбрасываемых в водотоки (остальные промстоки составляют менее 1 % по отношению к величине карьерного водоотлива), и поэтому загрязнение хвостохранилища и соответственно общее загрязнение поверхностных и подземных вод определяется составом природных вод карьера. Сбрасываемая в Ситницкий канал вода хвостохранилища по отдельным показателям качества имеет превышение установленных для спецводопользования ПДК (по сухому остатку – в 1,1 раза, по содержанию хлоридов – в 1,2 раза). В целом за период с 1981 г. изменение химического состава карьерных вод по отдельным элементам и соединениям составило (мг/л): хлоридов 1831,7–3308,6; сульфатов 299,5–401,0; сухого остатка 3070,0–5923,6; железа 0,12–3,0; цинка 0,06–0,168; никеля 0,02–0,04 (т. е. содержание химических элементов увеличилось в 1,5–2 раза).

Результатом сброса сточных вод в Ситницкий канал явилось загрязнение вод канала от места выпуска стоков до устья (4 км). По каналу сточные воды поступают в р. Припять, которая является водотоком рыбохозяйственного значения первой категории.

Таким образом, разработка карьера сопряжена не только с применением специальной технологии горных работ, но и с необходимостью проведения мероприятий по водопонижению с использованием дренажных траншей и скважин, а также применения открытого принудительного водоотлива.

1.3. *Эколого-геохимические проблемы.* Важной экологической проблемой является снижение негативного воздействия так называемой "нулевой" фракции (отсева) на природную среду. На конец 1998 г. объем отсева, скопившегося на площадях ГП "Гранит", составил 2,3 млн т. Химический состав преобладающих в разрезе гранитов, диоритов, гранодиоритов и других пород, добываемых в карьере, помимо основного породообразующего соединения SiO_2 (от 48 до 78 %) представлен и другими компонентами (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , TiO_2 , CaO и т. д.). Кроме макроэлементов, в горных породах содержится большое количество микроэлементов [2].

Образовавшиеся в присущих большим глубинам физико-химических и термобарических условиях устойчивые изоморфные соединения перемещаются в зону гипергенеза, становятся неустойчивыми и распадаются. В зоне гипергенеза горные породы подвергаются комплексному (физическому, химическому и биологическому) воздействию и образуют продукты выветривания, отличающиеся по составу от исходных пород. В первую очередь мигрируют одновалентные (Na^+ , K^+ , Li^+) и двухвалентные (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+}) катионы, более затруднена миграция трех- и четырехвалентных. Наиболее крепкими связями в кристаллической решетке и соответственно механической прочностью обладают соединения высоковалентных катионов (Si^{4+} , W^{6+} и др.).

Учитывая преобладающую окислительную обстановку, присущую почвенным растворам описываемой территории, и миграционную способность породообразующих химических элементов, можно предположить накопление в поверхностных отложениях большого количества Ba, Sr, Zn, Cr, Pb, Zr, Fe, Mn, Ti, Al. Возможно также активное биогенное накопление Zr, Ba, Mn, Zn, Cu. Таким образом, в районе действия ГП "Гранит" в результате накопления соединений металлов в пойменных отложениях, которые являются геохимическими барьерами, возникают техногенные геохимические аномалии.

В районе исследований развиты преимущественно подзолистые почвы с характерной окислительной обстановкой среды, которые отличаются повышенной реакционной способностью к воздействию техногенных загрязнителей. В итоге степень растворения и поглощения многих химических элементов повышается и, следовательно, увеличивается их токсичность. В условиях миграции и накопления химических элементов значительную роль играет и геоморфологический фактор – в большинстве типов почв пониженных элементов рельефа содержание тяжелых металлов возрастает по сравнению с содержанием последних на приподнятых участках. Помимо горизонтальной миграции соединения металлов могут перемещаться в более глубокие горизонты в процессе вертикальной инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, что также влечет загрязнение водоемов и речных систем, питание которых на 40–50 % происходит за счет подземного стока.

1.4. *Гипотеза формирования повышенной минерализации карьерных вод.* В последние годы функционирование предприятия связано еще с одной важной геоэкологической проблемой – поступлением в карьер минерализованных хлоридных вод.

Особенности геолого-тектонического развития Припятского прогиба и Микашевичского горста предполагают возможность прилегания солесодержащих отложений верхнедевонского возраста к Микашевичско-Житковичскому разлому. Это прилегание может быть непосредственным, если горст сформировался позднее галогенных пород, или осуществляться через толщу прибрежных глинистых образований в случае формирования горста одновременно с образованием галогенных пород. Возможны и оба варианта. Независимо от характера прилегания галогенных пород к разлому в течение десятков миллионов лет происходила диффузия растворенных солей из галогенной толщи и слабоводоносных горизонтов, слагающих Припятский прогиб, в подземные воды трещиноватой зоны Микашевичского горста, в частности в зону Микашевичско-Житковичского горста. Естественная гидродинамическая активизация зоны распространения повышенной минерализации (зона замедленного водообмена) могла происходить в пермское и триасовое время, когда рассматриваемая территория находилась на высоких абсолютных отметках, а также в антропогене в период формирования палеоврезов речных долин, достигающих 100 м и более. В первом случае верхняя граница зоны минерализованных вод понижается, а во втором – повышается. В обоих случаях возникающие гидродинамические процессы способствуют площадному "выравниванию" минерализации подземных вод зоны замедленного водообмена по направлению от Припятского бассейна к Микашевичскому горсту. Следовательно, повышенная минерализация трещинных вод Микашевичского горста распространена повсеместно и зависимость ее изменения от глубины та же, что и зависимость минерализации подземных вод (поровых растворов) от глубины для осадочных пород Припятского бассейна.

Понижение уровня подземных вод как следствие производимых горных работ (в зоне карьера до 120 м) привело к существенному нарушению естественной гидродинамической обстановки и формированию обширной депрессионной воронки, которая затронула территорию Микашевичского горста и Припятского бассейна. В нарушенных гидродинамических условиях значительно активизировались процессы фильтрации подземных вод зон активного, замедленного и, возможно, квазизастойного водообмена. Для зоны замедленного водообмена является характерным усиление вертикальной (восходящей) фильтрации на территории, прилегающей к карьере (центральная часть депрессионной воронки), и горизонтальной фильтрации (по направлению к карьере) на периферии депрессионной воронки. В обоих случаях будет отмечаться увеличение притока минерализованных подземных вод в карьер. В нарушенных условиях произошла гидрогеологическая активизация ранее гидродинамически уравновешенных зон повышенной водопроницаемости: тектонических разломов, участков повышенной трещиноватости кристаллического фундамента, палеоврезов речных долин, гидрогеологических "окон" и т. п. Данное обстоятельство сделало возможным увеличение притока в карьер минерализованных вод девонских и верхнепротерозойских отложений по зонам повышенной проницаемости. С увеличением глубины карьера приток минерализованных вод будет возрастать. Учитывая достаточно большую глубину карьера, не исключена возможность прямого вскрытия верхней части зоны замедленного водообмена подземных вод.

Результирующая (конечная) минерализация карьерных вод формируется в процессе смешения минерализованных подземных вод зоны замедленного водообмена, поступающих в карьер по зонам тектонических нарушений и повышенной трещиноватости кристаллического фундамента и пресных подземных вод зоны активного водообмена, дренируемых карьером. Наибольшую минерализацию (6–8 г/л) и содержание хлора (3765–4665 мг/л) имеют воды из источника на дне карьера, что связано с крупным тектоническим разломом (таблица).

**Химический состав проб вод в районе карьера "Микашевичи"
(по материалам М.Г. Ясовеева, 1998)**

Место отбора пробы	Химический состав, мг/л								Минерализация, г/л	pH
	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Fe ₂₊₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃		
Выпуск из хвостохранилища	280	9,3	28	98,6	1,25	434	112	244	1,207	7,12
Пруд хвостохранилища	290	10	26	104,2	1,10	477	119	231,8	1,259	7,1
Труба-выпуск в пруд от насосной станции	464	10,8	31,8	117	0,43	803	89	231,8	1,747	7,1
Болото за дамбой хвостохранилища	218	5,3	12,9	28,9	29	245	106	219	0,865	6,1
Зумпф насосной станции в карьере	500	11,5	20,6	107,2	—	828	205	98,8	1,770	7,3
Водосборник в северо-западном углу карьера	52	7,2	17,6	108,2	—	115,9	189	129,4	0,630	7,3
Ручей выше водосборника в северо-западном углу карьера	43,8	3,1	15,6	102,2	—	111,8	143,1	125,7	0,545	7,8
Источник из подошвы палеоген-неогеновых отложений	200	3,6	26,1	154,3	—	519,7	130,6	61	1,095	6,8
Источник на дне карьера из разломной зоны вблизи насосной станции	860	15	26,1	96,2	—	1343	326,6	58,6	2,726	6,4
	2300	24,6	49,2	189,4	—	3765	259,4	151,3	6,739	5,5
	2830	30	60,8	235,5	—	4665	309	129,6	8,259	5,5
	1050	15	31,6	137,3	—	1737	207,5	115,9	3,295	8,1

2. Предложения по минимизации геоэкологических последствий эксплуатации ГП "Гранит". Разработан комплекс мероприятий, направленных на уменьшение минерализации карьерных вод и снижение негативного влияния их сброса в хвостохранилище и Ситницкий канал на природные экосистемы (поверхностные, подземные и болотные воды, почвы и грунты, растительные сообщества и др.). Среди них наиболее важными являются: искусственная деминерализация карьерных вод; разбавление минерализованных карьерных вод пресными; magazинирование минерализованных карьерных вод в подземных водоносных горизонтах; сброс и magazинирование минерализованных карьерных вод в хвостохранилище; хозяйственное использование минерализованных вод; уменьшение притока минерализованных вод в карьер.

Кроме того, при разработке обводненных месторождений в условиях водопонижения необходимо применять технологии, обеспечивающие предупреждение загрязнения карьерных вод как при ведении горных работ, так и при сбросе этих вод в гидрографическую сеть района. При выборе варианта технологической схемы ведения горных работ и водоотлива должен учитываться прогноз возможных изменений водного режима в прилегающих районах в процессе ведения горных работ и после полной отработки месторождения. В качестве наиболее эффективных технических мероприятий, направленных на создание оптимального водного режима окружающих карьер территорий, рекомендовано устройство оградительных каналов, препятствующих распространению депрессионной воронки.

1. Рудько Г. И. Оценка техногенных изменений геологической среды и вопросы управления контроля техногенеза (на примере Карпатского региона Украины) // Геоэкология. 1999. № 1. С. 15

2. Демидович Л. А. // Бюл. Белорус. горн. академии. 1997. № 1. С. 22.

Поступила в редакцию 04.09.2000.

Ясовеев Марат Гумерович — доктор геолого-минералогических наук, заведующий НИЛ геоэкологических проблем.

Гледко Юлия Александровна — младший научный сотрудник НИЛ геоэкологических проблем БГУ.