

УДК [553.81+622.371:628.5](470.11)(045)

ШЕВЕЛЁВА Анна Владимировна, аспирант кафедры географии и геоэкологии Института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор одной научной публикации

ШВАРЦМАН Юрий Григорьевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры географии и геоэкологии Института естественных наук и биомедицины Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, заведующий лабораторией комплексного анализа наземных и космических данных для экологических целей Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 188 научных публикаций

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛМАЗОВ ИМЕНИ ЛОМОНОСОВА

На территории Архангельской области с 2005 года осваивается первое месторождение алмазов, названное именем Ломоносова. Разработка месторождения сопровождается активным воздействием на окружающую природную среду региона, которая характеризуется рядом уникальных особенностей, требующих особого внимания и контроля в процессе промышленного производства.

Ключевые слова: месторождение алмазов, добыча алмазов, экология, защита от производственных вредностей.

Месторождение алмазов имени Ломоносова, расположенное в 100 км к северо-востоку от Архангельска в Приморском районе Архангельской области (рис. 1), является первым в Европе разведанным и принятым к освоению месторождением коренных алмазов. Первые трубки на месторождении были обнаружены в феврале 1980 года геологами Товской партии Юрасской экспедиции «Архангельскгеология».

После произведенной в кратчайшие сроки в 1983–1987 годах детальной разведки и оценки запасов месторождения были сделаны выводы о целесообразности его промышленной эксплуатации. В последующем были составлены проекты освоения месторождения, включающие опыт-

но-промышленное разработку, позволяющую опробовать способ добычи и одновременно осуществить доизучение рудных тел. С 2005 года были начаты работы по добыче и переработке кимберлитовых руд на месторождении. Следующим этапом стало составление проекта крупного горнодобывающего комплекса с вовлечением в разработку всех трех промышленно-алмазоносных трубок (Архангельская, Карпинского-1, Карпинского-2) [1]. Осуществление работ по этому проекту начато в 2009 году, именно тогда ОАО «Севералмаз», владеющее лицензией на право разработки месторождения, запустило первую очередь горно-обогатительного комбината на основе разработки запасов трубки Архангельская.



Рис. 1. Обзорная схема размещения месторождения имени Ломоносова

Краткая характеристика месторождения. Месторождение алмазов имени Ломоносова представлено 6 кимберлитовыми трубками: Архангельская, имени Карпинского-1, имени Карпинского-2, Пионерская, Поморская, имени Ломоносова.

Трубки месторождения имени Ломоносова расположены в виде близмеридиональной цепочки общей протяженностью 9,5 км. Расстояние между отдельными трубками внутри этой цепочки колеблется от 0,13 до 2,15 км.

Рудные тела прорывают слабо литифицированные песчано-глинистые толщи позднего протерозоя (венда) общей мощностью 950 м, залегающие на полнокристаллических глубоко метаморфизованных образованиях позднего архея, и перекрываются карбонатно-терригенными породами среднего карбона и четвертичными рыхлыми отложениями. Общая мощность перекрывающих пород в пределах месторождения возрастает с юга на север от 28 до 55 м, средняя составляет 38 м.

В вертикальном разрезе трубки представляют собой типичные воронки взрыва с четко выраженными раструбами в верхней части (на глубину до 150 м).

Во внутреннем строении трубок принимают участие четыре основные разновидности кимберлитов (четыре сорта руд), которые резко отличаются друг от друга по условиям залегания, вещественному составу и алмазоносности: туфогенно-осадочные и туфогенные породы кратерной фации, сохранившиеся от эрозии в верхних раструбовых частях у трубок Пионерская, имени Карпинского-1 и Архангельская в виде субгоризонтальных плитообразных рудных тел, а также автолитовые брекчии и ксентуфобрекчии жерловой фации, залегающие в виде крутопадающих рудных столбов в различном сочетании в диатремовых частях всех трубок [2].

Геоэкологические особенности района месторождения. Геоэкологические особенности месторождения и района его расположения

являются важнейшими исходными данными для определения рисков воздействия на окружающую среду и принятия решений по смягчению этого воздействия.

К таким особенностям мы относим прежде всего климатические, гидрологические особенности района месторождения, литологический состав слагающих пород, а также флору и фауну региона.

Климат района месторождения умеренно-континентальный с неустойчивой погодой, избыточным увлажнением, резкими изменениями давления, температуры, направления и скорости ветра вследствие влияния северных морей и теплых течений, снежный покров устанавливается в ноябре, его средняя мощность 0,5 м. Средняя температура воздуха в регионе от 13 до 15° С летом, от –10 до –12° С зимой. Такие климатические условия оказывают непосредственное влияние на процесс разработки месторождения, усложняя условия добычи, делая невозможным применение таких методов, как скважинная гидродобыча. Следствием холодного неустойчивого климата является и низкая способность экосистем региона к естественному восстановлению, невысокая скорость протекания биохимических процессов разложения вредных веществ, что существенно повышает риск необратимого нарушения естественного состояния природы под воздействием промышленной деятельности на месторождении.

Территория месторождения имени Ломоносова в гидрологическом отношении характеризуется, во-первых, наличием развитой речной сети, во-вторых, высокой степенью заболоченности и обводненности грунтов.

В непосредственной близости от месторождения протекает р. Золотица, р. Светлая и ручей Светлый, имеющие смешанный режим питания от дождевых, снеговых и подземных вод. Ручей Светлый в своем нижнем течении протекал над трубкой Архангельская, находящейся в разработке, и его русло было искусственно изменено – отведено в обход карьера. Местность вблизи месторождения болотистая, преобладают верховые болота. Залегание уровня подзем-

ных вод отмечается в среднем на 5-8 м, достигая в отдельных возвышениях 15 м и более, ниже абсолютной отметки – 100 м распространены соленые воды мезенского водоносного комплекса с минерализацией в интервале глубин 140-300 м – 14 г/дм³, ниже – до 20 г/дм³.

Эти и прочие гидрологические особенности региона формируют особые условия производства деятельности, связанные с необходимостью осуществления водоотведения и осушения карьера, очистки отводимых и сточных вод перед сбросом в естественные водотоки.

Водоносные горизонты и комплексы практически полностью приурочены к слабым породам, наличие в разрезе всех разностей пород от песков и песчаников до глин и аргиллитов, насыщенных водой, обуславливают затрудненную водоотдачу и осложняют организацию осушения карьера.

Рельеф местности представлен аккумулятивными равнинами, приуроченными к долинам рек и характеризующимися в основном плоским и слабовсхолмленным рельефом с абсолютными отметками 95-120 м. В литологическом отношении – это «слоеный пирог» из глин, суглинков, супесей, разнозернистых несортированных песков и гравийно-галечных отложений. Важнейшей особенностью слагающих алмазоносные трубки пород является их практически полное замещение глинистыми минералами (преимущественно сапонитом), а не твердыми массивными породами, как, например, в трубках Якутской провинции. Работы, проведенные в 2003–2005 годах Институтом геоэкологии РАН (ИГЭ РАН) на трубке Архангельская, показали, что содержание сапонита в породах жерловой фации трубки практически не изменяется с глубиной и составляет около 90 %. Сапонит – высокомагнезиальный глинистый минерал, высокая физико-химическая активность которого приводит к тому, что в водной среде он образует тонкодисперсную суспензию, имеющую в естественных условиях очень низкую скорость седиментации и плотность образующегося осадка [3]. Эта особенность месторождения обуславливает необходимость использования больших площадей

для хранения и осаднения сапонитовых отходов, высокие затраты на очищение сточных вод.

Месторождение имени Ломоносова находится в пределах северотаежной растительной подзоны, большая часть лесов местности исключена из главного пользования, т. к. входит в защитный пояс притундровых лесов, имеющих огромное климаторегулирующее значение не только для региона, но и для континента в целом.

Район месторождения характеризуется богатой флорой и фауной, речная система р. Золотица относится к водным объектам высшей категории как лососевая нерестовая река. Характерной особенностью района является нахождение на его территории особо охраняемых природных территорий регионального значения (Приморский ландшафтный заказник, Соянский биологический заказник), в т. ч. проектируемых (национальный парк «Беломорско-Кулойское плато»). Этот факт свидетельствует о том, что район месторождения характеризуется

сочетанием уникальных природных условий, требует охраны.

Рассматривая в совокупности геоэкологические условия разработки месторождения алмазов имени Ломоносова, можно сделать вывод о том, что они значительно усложняют процесс разработки месторождения, а также требуют особого подхода и высоких затрат на прогнозирование и снижение промышленного воздействия на окружающую среду.

Проблемы экологической безопасности на месторождении. Вопросы экологической безопасности разработки месторождения являются одними из важнейших в реализации проекта освоения месторождения. Основными производственными объектами, представляющими угрозу безопасности на месторождении, являются: карьер и связанная с ним система водоотведения, отвалы вскрышных пород, горно-обогажительный комбинат, хвостохранилище, а также объекты инфраструктуры, такие как склады горюче-смазочных материалов, дизельные электростанции (рис. 2).

Если говорить о карьере как объекте по-

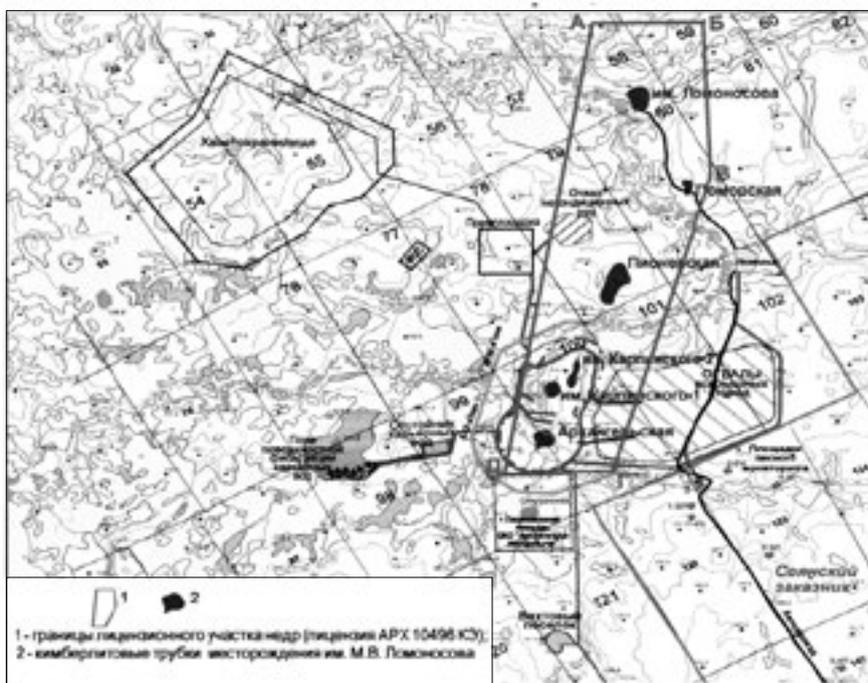


Рис. 2. Схема расположения объектов горно-обогажительного комплекса на месторождении имени Ломоносова

тенциальной экологической и промышленной опасности, то он представляет собой горную выработку, имеющую определенные размеры. Так, открытый карьер на трубке Архангельская будет представлять собой выработку глубиной до 420 м, 1500×1400 м по верху, на трубке Карпинского – 300 м глубиной, 1200×1100 м по верху [1], т. е. существенное изменение рельефа, требующее последующей рекультивации. В начале 2011 года глубина карьера на трубке Архангельская составила 100 м, горно-капитальные работы на трубке Карпинского еще не начаты. Кроме изъятия земель и изменения рельефа, потенциальную опасность при разработке месторождения с помощью открытого карьера представляет система его осушения. Высокая обводненность грунтов, близкое к поверхности расположение водоносных горизонтов обуславливают необходимость постройки системы водоотведения. На трубке Архангельская месторождения имени Ломоносова такая система представлена сетью водопонижающих скважин глубиной до 220 м и производительностью до 120 м³/час [1]. Всего проектом предусмотрено строительство до 110 таких скважин, на начало 2011 года уже работает более 20 скважин. Общий ожидаемый водоприток от скважин составит до 5350 м³/ч. Откачиваемые воды направляются в специально построенные отстойники, а далее – на поля естественной фильтрации (болота).

Основные экологические риски при осушении карьера связаны с формированием депрессионной воронки диаметром до 15 км, что приведет к осушению болот, карстовой и эрозионной активизации, снижению дебитов рек, гибели кормовой базы ихтиофауны на осушаемых участках водотоков, значительному негативному воздействию на растительность и животный мир. Другая проблема связана с откачкой высокоминерализованных вод, необходимостью их очищения перед сбросом в естественные водотоки [4–6]. Объем водоотведения с развитием горных работ на месторождении будет постоянно увеличиваться, что потребует строительства дополнительных мощностей от-

стойников и повышения затрат на водоочистку, при неэффективности принимаемых мер уровень загрязнения водотоков откачиваемыми водами может стать критическим и привести к необратимым изменениям экосистем рек и ручьев.

Необходимость вывоза и складирования пустых вмещающих пород месторождения приводит к созданию такого объекта экологической опасности, как отвал. При полной отработке трубки Архангельская с нее будет вывезено в отвалы около 328 млн м³ горных масс, и еще 92 млн м³ планируется вывезти при освоении трубки Карпинского. Угрозу экологической безопасности здесь представляют свойства складированных пород. Как отмечают некоторые авторы [7], условия устойчивости внешних отвалов на отведенной территории следует оценить как крайне неблагоприятные. Заболоченная территория, наличие в основании отвалов слабых песчано-глинистых пород, слоистое строение вскрышной толщи пород основания создают условия для возникновения контактных оползней. Этот вопрос также требует особого инженерного и экологического контроля. Кроме того мелкодисперсные частицы сапонита, слагающего отвалы, при высыхании создают запыление с большим содержанием тяжелых химических элементов, что оказывает неблагоприятное воздействие на экосистемы лесов.

Непосредственно горно-обогатительный комбинат (ГОК), расположенный в непосредственной близости от месторождения, не представляет собой столь весомой экологической угрозы, как место складирования отходов его производства – хвостохранилище.

Хвостохранилище на месторождении имени Ломоносова емкостью 140 млн м³ расположено в 3 км северо-западнее ГОКа, на расстоянии 2 км от р. Золотица (за пределами ее охранной зоны). Под хвостохранилище используется заболоченная территория водосборной площади верховья ручья Безымянного, емкости хранения обеспечены отгораживающей дамбой. Технологический процесс переработки руды построен таким образом, что после

обогащения вмещающие породы, содержащие большое количество сапонита, смешиваются с водой, перемещаются по пульпопроводам и затем складываются в хвостохранилище, ограждающие дамбы которого намываются из этих же пород. Крайне низкая плотность сапонитового осадка вынуждает периодически увеличивать объем и площадь хвостохранилища в процессе разработки месторождения, что негативно влияет на экологическую обстановку и увеличивает риск загрязнения окружающей среды. Отлагаясь в породах, слагающих намывные дамбы, сапонит ухудшает их прочностные свойства, что ведет к снижению устойчивости дамб. Низкая скорость осаждения сапонитовой суспензии делает невозможным осветление воды в количестве, необходимом для обеспечения оборотного технологического водоснабжения, что требует увеличения количества дополнительной воды, вовлекаемой в технологический процесс [3].

Локальный уровень угрозы экологической безопасности представляют собой объекты промышленной и бытовой инфраструктуры месторождения – склады горюче-смазочных материалов, электростанции, свалки бытовых отходов, бани и проч.

Из сказанного следует, что существование горнодобывающего предприятия на месторождении имени Ломоносова предполагает существенное комплексное воздействие на окружающую среду. К основным экологическим рискам, связанным с работой комплекса относятся:

- изъятие и загрязнение земель в месте расположения объектов комплекса;
- загрязнение вод в р. Золотице и ее притоках в результате сброса недоочищенных карьерных вод;
- снижение уровня и загрязнение грунтовых и межпластовых подземных вод;
- снижение биоразнообразия в результате вырубки лесов;

– загрязнение атмосферного воздуха сапонитовой пылью с отвалов;

– риск прорыва плотины хвостохранилища и некоторые другие.

Вопросы экологической безопасности при осуществлении работ по разработке месторождения алмазов имени Ломоносова неоднократно рассматривались в исследованиях авторов [5, 6, 8] и при принятии проектных решений.

В составе проектных работ по комплексу были рассмотрены наиболее оптимальные варианты отработки разведанных трубок месторождения, размещение основных и вспомогательных сооружений, инженерных сетей на запланированной к освоению территории.

Технологические решения по образованию отвалов, хвостохранилища и их консервации, а также по проходке карьера, предусматривают выполнение ежегодных и завершающих горно-технических и биологических мероприятий по рекультивации земель с целью предотвращения развития оползневых и эрозионных процессов.

На данный момент первоочередными задачами экологического сопровождения деятельности алмазодобывающего комплекса, на наш взгляд, являются: системный мониторинг состояния компонентов окружающей среды, оценка их изменения, прогнозирование и предотвращение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций, экологическая экспертиза планов и проектов принимаемых к реализации на месторождении. Учет всех трудностей, которые приходится преодолевать в процессе разработки месторождения, обобщение уникального опыта добычи алмазов в геоэкологических условиях района, объективная оценка эффективности принимаемых для снижения экологических рисков и угроз производственных решений необходимы для перспективного планирования при дальнейшем освоении месторождений региона, в т. ч. месторождения имени Владимира Гриба, к разработке которого уже приступили.

Список литературы

1. *Валуев Е.П.* Этапы освоения месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова // Горн. журнал. 2002. № 7. С. 29–32.
2. ОАО «Севералмаз». URL: <http://www.severalmaz.ru/work/mil.php> (дата обращения: 11.05.2011).
3. *Карпенко Ф.С.* Влияние сапонита на устойчивость гидротехнических сооружений хвостохранилищ на месторождении им. М.В. Ломоносова Архангельской области // Геоэкология. 2008. № 3. С. 269–271.
4. *Иванов А.К.* Оценка воздействия добычи алмазов на окружающую среду // Экология северных территорий России: проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Т. 1. Архангельск, 2002. С. 577–579.
5. *Малов А.И.* Особенности геоэкологических условий месторождения алмазов им. М.В. Ломоносова // Север: Экология: сб. науч. тр. Екатеринбург, 2000. С. 205–214.
6. *Губайдуллин М.Г.* Геоэкологические условия освоения минерально-сырьевых ресурсов Европейского Севера России. Архангельск, 2002.
7. *Мочалов А.М., Ермаков И.И.* Проблемы внешнего отвалообразования при вскрытии и разработке кимберлитовых трубок Архангельская и Карпинского Ломоносовского месторождения алмазов // Перспективы освоения минерально-сырьевой базы Архангельской области: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. Архангельск, 2002. С. 127–131.
8. *Осинов В.И.* Экологические проблемы разработки алмазных месторождений им. М.В. Ломоносова // Экология северных территорий России: проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: материалы междунар. конф. Т. 1. Архангельск, 2002. С. 32–42.

Sheveleva Anna Vladimirovna

Postgraduate Student of the Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Institute of Natural Sciences and Biomedicine

Shvartsman Yuri Grigoryevich

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
Institute of Natural Sciences and Biomedicine,
Institute of Ecological Problems of the North of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk)

PROBLEMS OF ECOLOGICAL SAFETY AT DEVELOPMENT OF LOMONOSOV DIAMOND DEPOSIT

Since 2005 the first diamond deposit, named after Lomonosov, has been developed in the Arkhangelsk region. The development work is accompanied by active influence on the environment of the region which is characterized by a number of unique features that require special attention and control in the course of industrial production.

Key words: *diamond deposit, diamond mining, environment, protection from industrial hazards.*

Контактная информация:
Шевелёва Анна Владимировна
e-mail: anntumanova@yandex.ru

Рецензент – *Кутинов Ю.Г.*, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории глубинного геологического строения и динамики литосферы Института экологических проблем Севера Уральского отделения РАН (г. Архангельск)