

УДК 550.83/.84+622.016

А. М. ГРЕЧКО, С. Н. КАЦЕМБА, И. С. НЕВЕЛЬСОН, В. О. КУТЫРЛО (ОАО «Белгорхимпром»)  
Д. М. КУРЛОВИЧ (Белорусский государственный университет)

## ВОЗМОЖНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ПРИ ОСВОЕНИИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ НЕЖИНСКОГО УЧАСТКА СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ



А. М. ГРЕЧКО,  
зам. генерального  
директора  
по научной работе, канд.  
геол.-минерал. наук



С. Н. КАЦЕМБА,  
главный специалист



И. С. НЕВЕЛЬСОН,  
главный специалист



В. О. КУТЫРЛО,  
инженер



Д. М. КУРЛОВИЧ,  
старший преподаватель,  
канд. геогр. наук

*При современных требованиях организации недропользования все более актуальным становится вопрос о рисках (возможных опасностях), возникающих при освоении новых месторождений полезных ископаемых, которые в свое время брало на себя государство. В данной статье рассмотрены задачи, связанные с выявлением и оценкой геологических и горных рисков при освоении новых месторождений калийных солей и определены показатели, по которым оценены геологические и горные риски восточной части Нежинского участка Старобинского месторождения.*

**Ключевые слова:** Старобинское месторождение, Нежинский участок, освоение месторождений, геологические и горные риски.

Освоение любого месторождения всегда связано с определенной долей риска, т. е. возможной опасностью, вызванной разнообразными причинами как социального, так и природного характера. Оценку геологических рисков Нежинского участка (восточная часть) калийных солей рекомендуется проводить по трем основным факторам (показателям):

*первый показатель* — степень разведанности, кондиции и запасы участка;

*второй показатель* — негативные явления, возникновение которых возможно при ведении горных работ (затопление рудников, последствия подрработки территорий);

*третий показатель* — природные явления (землетрясения и наводнения) и другие форс-мажорные обстоятельства.

Первый фактор — очевидный и имеет место на конкретном участке, остальные два — потенциальные, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации месторождения.

Первым и наиболее важным показателем геологического риска при освоении месторождения может считаться геологическая разведанность (изученность) территории, на основании которой выполняется подсчет запасов и определяются кондиции полезного ископаемого.

Изучение восточной части Старобинского месторождения началось в 1952–1953 гг. При ведении поисково-разведочных работ на площади Нежинского участка были пройдены первые скважины, вскрывшие калийные горизонты. Позднее, при оконтуривании Старобинского месторождения, были оценены прогнозные ресурсы и выделен перспективный на калийные соли Нежинский участок, на территории которого в 1972–1973 гг. были проведены поисково-оценочные работы.

В 1973–1975 гг. выполнена предварительная разведка Нежинского участка с изучением (по двум скважинам) обводненности глинисто-мергелистой толщи (ГМТ) и ее контакта с соленосными отложениями и составлен проект временных кондиций. Кроме геологоразведочных работ на территории Нежинского участка с 1950 по 2002 г. осуществлены комплексная геолого-гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка, проведены несколько этапов комплексных структурно-морфологических исследований; выполнено глубокое параметрическое бурение и изучен вещественный состав калийных горизонтов, а также проведены различные сейсмические исследования, основная часть которых была направлена на выявление структур, перспективных на нефть и газ. Осуществлены магнито-, электро- и гравиразведка.

В 2008–2010 гг. в пределах Нежинского участка проведены детальные геологоразведочные работы, по итогам которых осуществлен подсчет запасов калийных солей продуктивных промышленных пластов Первого, Второго и Третьего калийного горизонтов, а также Промышленно значимого — II-7, являющимися основными объектами при ведении геологоразведочных работ.

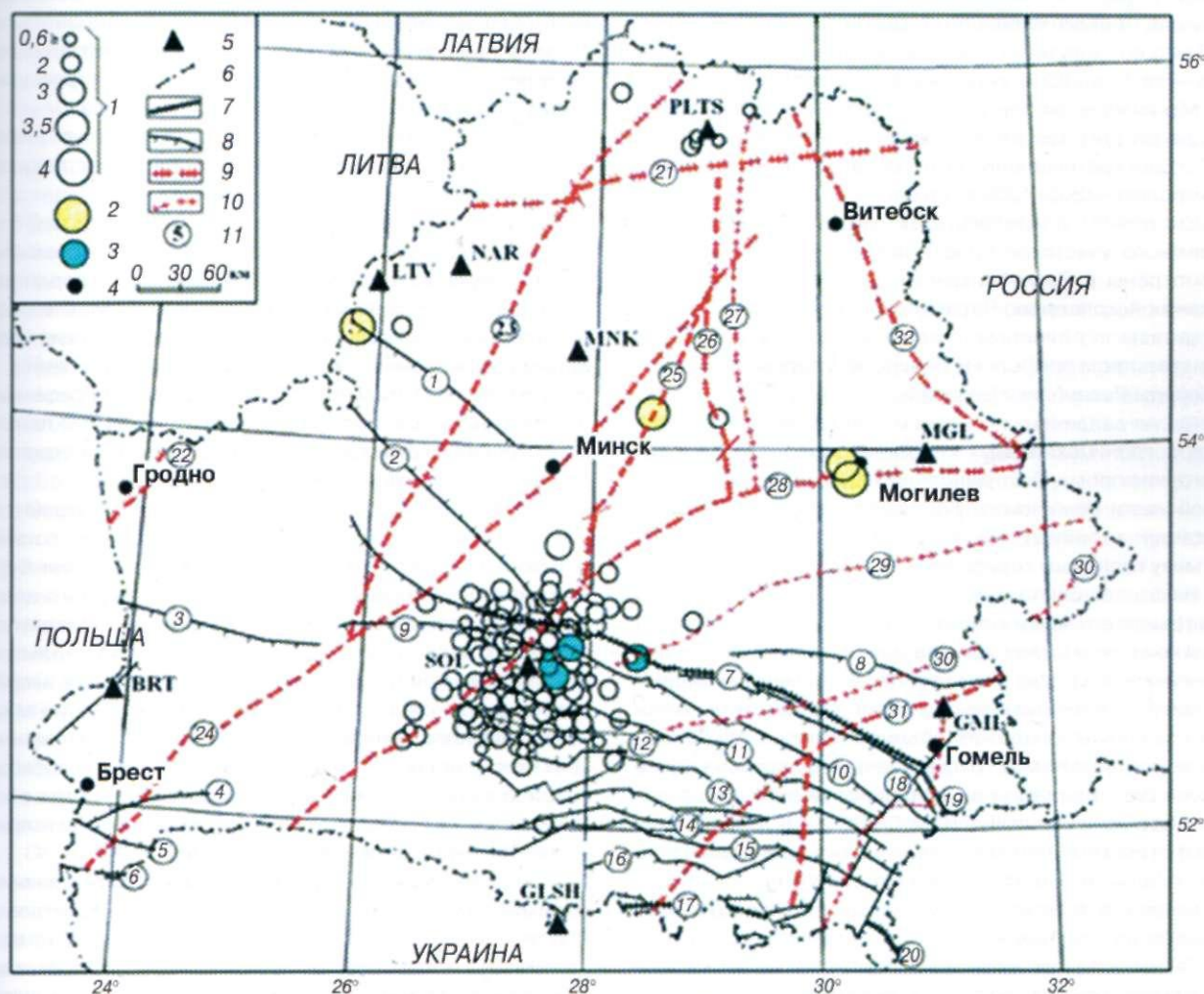
Подсчет запасов руд Первого калийного горизонта выполнен при валовом варианте отработки пласта, состо-

ящего из сильвинитовых слоев 3, 4, 5 и разделяющих их слоев каменной соли — 3-4 и 4-5. Подсчет запасов Второго калийного горизонта осуществлен по двум вариантам отработки продуктивного пласта, состоящего из верхнего и нижнего сильвинитовых слоев и разделяющего прослоя каменной соли: валовым способом — при совместной оценке запасов калийных руд верхнего и нижнего сильвинитовых слоев с прослоем каменной соли и селективной выемкой верхнего и нижнего сильвинитовых слоев со складированием прослоя каменной соли в отработанном пространстве в виде породных полос — с оценкой запасов калийных руд только сильвинитовых слоев. По Промышленно значимому калийному горизонту II-7 подсчет запасов калийных солей выполнен применитель-

но к валовому варианту отработки продуктивного пласта, состоящего из 2, 3, 4, 5 сильвинитовых слоев и разделяющих их прослоев каменной соли. Подсчет запасов руд Третьего калийного горизонта выполнен по комбинированному варианту (2-3)+4, по сильвинитовым слоям 2, 3 и промежуточной каменной соли 2-3 совместно, а также отдельно по 4 сильвинитовому слою.

Подсчет балансовых и забалансовых запасов калийных солей Нежинского участка выполнен по системе ГКЗ, по параметрам постоянных кондиций, разработанным ОАО «Белгорхимпром».

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке Нежинского участка составляет 18 %. Максимально допустимое содержание



Карта проявления сеймотектонических процессов на территории Беларуси [2]:

1 — магнитуда землетрясений; 2 — эпицентры исторических землетрясений; 3 — ощутимые инструментально зарегистрированные землетрясения; 4 — город; 5 — сейсмическая станция; 6 — государственная граница; 7, 8 — разломы, проникающие в чехол (7 — суперрегиональные, ограничивающие крупнейшие надпорядковые структуры, 8 — региональные и суперрегиональные); 9, 10 — разломы, не проникающие в чехол (9 — суперрегиональные, разграничивающие крупнейшие области возраста переработки, 10 — региональные и субрегиональные); 11 — наименования разломов (цифры в кружках: 1 — Ошмянский, 2 — Налибокский, 3 — Свислочский, 4 — Дивинский, 5 — Северо-Ратновский, 6 — Южно-Ратновский, 7 — Северо-Припятский, 8 — Суражский, 9 — Ляховичский, 10 — Речицкий, 11 — Червонослободско-Малодушинский, 12 — Копаткевичский, 13 — Шестовичский, 14 — Сколодинский, 15 — Наровлянский, 16 — Ельский, 17 — Южно-Припятский, 18 — Лоевский, 19 — Северо-Днепровский, 20 — Южно-Днепровский, 21 — Полоцкий, 22 — Лосто-Коский, 23 — Кореличский, 24 — Выжевско-Минский, 25 — Борисовский, 26 — Чашникский, 27 — Бешенковичский, 28 — Стоходско-Могилевский, 29 — Кричевский, 30 — Чечерский, 31 — Пержанско-Симоновичский, 32 — Витебский)

вредных примесей (нерастворимого остатка) по подсчетному блоку для Первого и Второго калийных горизонтов составляет 10 %, для Третьего калийного горизонта: по IV сильвинитовому слою — 12 %, по слоям 2–3 — 10 %. Максимально допустимое содержание вредных примесей  $MgCl_2$  по подсчетному блоку для всех промышленных горизонтов не превышает 1 %. Минимальная мощность прослоев полезного ископаемого — 0,95 м. Максимальная глубина подсчета запасов для Второго калийного горизонта составляет 1000 м, для Третьего калийного горизонта, 4 сильвинитового слоя, находящегося в особо сложных горно-геологических условиях, — 900 м, для слоев 2–3 — 1000 м.

К забалансовым запасам отнесены запасы с содержанием нерастворимого остатка (н. о.) по подсчетному блоку для Первого калийного горизонта — от 10 до 20 %; для Третьего калийного горизонта: по 4 сильвинитовому слою — от 12 до 20 %; по слоям 2–3 — от 10 до 20 %.

Максимальная глубина отработки и подсчета запасов для Второго калийного горизонта определена 1000–1200 м; для Третьего калийного горизонта, по 4 сильвинитовому слою — 900–1200 м; по слоям 2–3 — 1000–1200 м.

Сведения о результатах детальной разведки Нежинского участка и проект разработанных кондиций рассмотрены в Республиканской комиссии по запасам полезных ископаемых. Параметры постоянных кондиций и запасы полезных ископаемых утверждены Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

После разделения участка на западную и восточную части в границах горных отводов, определенных ОАО «Белгорхимпром», был выполнен пересчет запасов восточной части Нежинского участка Старобинского месторождения калийных солей по Первому, Второму и Третьему калийным горизонтам.

На основании подсчета запасов Нежинского участка и восточной его части можно сделать вывод, что и в первом, и во втором случае данные запасы попадают в группу геологического риска. При прохождении международного аудита в случае освоения участка зарубежным инвестором результаты подсчета объемов запасов, выполненного в соответствии с отечественной классификацией запасов (без адаптации их к классификациям (категориям) международных стандартов CRIRSCO, JORC, 43-101), остаются непризнанными, хотя, опираясь на многолетний опыт отработки Старобинского месторождения, запасы, подсчитанные по методике ГКЗ, всегда подтверждались в процессе эксплуатации.

Таким образом, в связи с отсутствием оценки и подтверждения объема запасов в мировом формате этот показатель входит в первую группу геологического (горного) риска.

Ко второму фактору геологического риска относятся негативные явления (опасность затопления рудника и последствия подработки территории), которые могут возникнуть при разработке месторождений.

Применительно к Старобинскому месторождению калийных солей (включая Нежинский участок) основными причинами опасности затопления калийного рудника могут быть: недостаточная изученность геолого-гидрогеологических условий месторождения; несоответствие

системы разработки месторождения горно-геологическим условиям; недостаточная обоснованность прогнозов расчетов и проектных проработок влияния выемки полезного ископаемого на водозащитную толщу.

Основным условием защиты калийных рудник затопления является наличие над разрабатываемыми калийными пластами водозащитных отложений (водозащитной толщи — ВЗТ) достаточной мощности, разделяющих отрабатываемые калийные пласты от вышележащих водоносных горизонтов.

Возможными путями поступления вод из водоносных горизонтов, расположенных над разрабатываемыми калийными пластами, в подземное пространство рудника являются стволы геологоразведочных скважин, естественные стволы, техногенные водопроводящие трещины, образующиеся при деформировании подработанных массивов горных пород, разрывные тектонические нарушения (разломы) и краевые зоны месторождения (контуры выклинивания продуктивных пластов).

Учет и устранение геологических и горных рисков при освоении калийных месторождений достигается выполнением следующих мероприятий.

1. Стволы геологоразведочных скважин должны надежно затампонированы в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, а координаты их устья определены с погрешностью не более 1 м. При выполнении тампонажных работ в стволах скважин необходимо проведение инклинометрических измерений, результаты которых определяют точки пересечения рассматриваемых скважин с разрабатываемыми пластами с последующим расчетом и оставлением вокруг (скважин) предохранительных целиков.

2. Место заложения шахтных стволов определяется с учетом возможности надежной гидроизоляции солей залежи. Проходке шахтных стволов предшествует бурение контрольной геологоразведочной скважины с целью получения геолого-гидрогеологической информации для разработки и реализации проекта строительства. Конструкция крепи шахтных стволов и тампонаж за пределами пространства должны обеспечивать надежную защиту подземного пространства рудника от затопления. Шахтные стволы с подъемными комплексами необходимо располагать вне зоны влияния горных работ, что обеспечивается расчетом и оставлением предохранительных целиков на уровне разрабатываемых пластов.

3. Параметры ведения горных работ, и прежде всего параметры очистной выемки, должны соответствовать фактической мощности ВЗТ над разрабатываемыми калийными пластами. Высота распространения техногенных водопроводящих трещин не должна достигать водоносных горизонтов, представляющих угрозу возможного затопления рудника. Обязательно соблюдение предохранительной водозащитной толщи необходимой мощности, подтвержденной соответствующими расчетами.

4. Вдоль разрывных тектонических нарушений с одной стороны должны быть оставлены предохранительные приразломные целики, ограничивающие площади проведения очистной выемки.

5. Ведение горных работ в краевых зонах калийного месторождения необходимо осуществлять с учетом



можной обводненности контуров выклинивания соленосной толщи и продуктивных калийных пластов. Расчеты параметров предохранительных целиков, а также определение высоты распространения техногенных водопроводящих трещин над выработанным пространством и условий ведения горных работ в краевых зонах месторождения должны производиться в соответствии с нормативными документами, регламентирующими способы защиты рудников от затопления и мероприятия по охране наземных сооружений и природных объектов от влияния подземных горных работ и разработанными для эксплуатируемого месторождения или его участка с учетом фактической степени изученности геологических условий и процессов сдвижения горных пород и земной поверхности.

Немаловажным фактором геологического риска являются возможные последствия подработки территории, поскольку при разработке месторождений подземным способом происходит оседание земной поверхности, в результате чего возможно подтопление территории, а также повреждение наземных зданий и сооружений.

Возможность подтопления территории зависит от глубины залегания грунтовых вод, рельефа земной поверхности, величины и скорости оседания земной поверхности. Все эти факторы необходимо учитывать при проектировании рудников и планировании горных работ.

Подтопление территории устраняется мелиоративными работами, предусматривающими строительство открытой мелиоративной сети и польдерных систем, которые показали их достаточную эффективность при разработке Старобинского месторождения.

Охрана зданий и сооружений от влияния горных работ и защита подрабатываемой территории от подтопления должны осуществляться путем разработки и реализации соответствующих охранных мероприятий в установленные проектом сроки. Разработка указанных мероприятий осуществляется в соответствии с «Правилами по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния горных работ», которые должны быть разработаны для условий рассматриваемого месторождения или его участка, с учетом фактической степени изученности процесса сдвижения горных пород и земной поверхности.

Оставление предохранительных целиков на разрабатываемых калийных пластах в качестве способа защиты наземных объектов следует рассматривать как крайнюю меру, подлежащую согласованию с органами горного надзора и Минприроды. Исходя из опыта разработки Старобинского месторождения, данный метод должен быть применен для охраны промплощадки добывающего предприятия с последующей частичной выемкой запасов калийных солей из предохранительного целика на завершающей стадии отработки шахтного поля.

Природные явления, несущие за собой нарушения природных экосистем и, как правило, изменение проектов и планов хозяйственной деятельности, можно назвать форс-мажорными обстоятельствами, входящими в группу геологического риска. В связи с этим их учет необходим при проектировании и освоении нового месторождения, несмотря на возможность возникновения, периодич-

ность и ритмичность подобных явлений. Одним из важных показателей при оценке геологического риска территории является сейсмичность района, позволяющая оценить вероятность возникновения землетрясений.

Коллективом российских сейсмологов было выполнено сейсмическое районирование территории Северной Евразии [1]. Согласно проведенным исследованиям, район Нежинского участка расположен в зоне 90-, 95- и 99%-ной вероятности превышения в течение 50 лет расчетной сейсмической интенсивности 5 баллов.

Белорусскими геологами и сейсмологами на территории запада Восточно-Европейской платформы (включая Беларусь) выделено более 18 зон возможных очагов землетрясений (ВОЗ) [2–6]. Нежинский участок расположен в пределах Припятской надзоны ВОЗ [3], в которой максимальная магнитуда землетрясений определена на уровне 3,5. Инструментальное наблюдение за сейсмичностью Солигорского горнопромышленного района и окружающей его территории осуществляется на сейсмической станции «Солигорск». За период работы сейсмической станции было зарегистрировано большое число землетрясений с небольшими магнитудами (см. рисунок) и пять землетрясений в 1978, 1983, 1985, 1998 гг. с магнитудами 3,5; 2,8; 3,1; 1,9; 0,8 соответственно, имевших ощутимый характер [4].

Основная часть зарегистрированных сейсмических событий приурочена к зоне сочленения Припятского прогиба и Белорусской антеклизы. Сопоставление пространственного распределения очагов землетрясений с тектоникой района показывает, что наблюдается приуроченность землетрясений к разломам (Стоходско-Могилевскому, Северо-Припятскому, Ляховичскому, Речицкому, Червонослободско-Малодушенскому, Копаткевичскому). Отдельные эпицентры приурочены к зонам пересечения разломов [2].

Вопрос о природе сейсмических событий в Солигорском горнопромышленном районе весьма актуален как в научном, так и в практическом отношении. Учитывая происходящие в течение длительного времени изменения напряженного состояния геологической среды, вызванные выемкой, перемещением и складированием горной массы, можно предположить, что землетрясения связаны с наведенной сейсмичностью и имеют техногенный характер. Однако проявления сейсмичности за пределами зоны ведения горных работ служат признаком того, что с определенного времени на развитие сейсмического процесса в основном оказывают влияние региональные геодинамические факторы. Это утверждение основывается как минимум на двух фактах: «тяготение» основной массы эпицентров к областям пересечения разломных зон и практически полное отсутствие связи между интенсивностью горнодобывающей деятельности и сейсмичностью [2].

## Выводы

Степень разведанности восточной части Нежинского участка представляется вполне достаточной для проектирования горно-обогатительного комбината. С целью привлечения зарубежных инвестиций представляется целесообразной переклассификация утвержденных эксплуатационных запасов калийных солей Нежинского участка

согласно международным стандартам (CRIRSCO, JORC, 43-101).

Опасность затопления рудника при разработке Нежинского участка будет существовать в течение всего времени его эксплуатации. Минимизация и исключение горных рисков должны базироваться на разработке комплекса нормативных документов, регламентирующих параметры ведения горных работ в конкретных горно-геологических условиях Нежинского участка, а также более чем 50-летнем опыте эксплуатации Старобинского месторождения калийных солей.

Природные, в том числе сейсмические, условия участка являются достаточно благоприятными для строительства и эксплуатации горно-обогатительного комбината.

#### Библіографічний список

1. Страхов В. Н., Уломов В. И., Шумилина Л. С. Общее сейсмическое районирование территории России и сопредельных стран // Физика Земли. 1998. № 10. С. 92–96.
2. Разломы земной коры Беларуси / под ред. Р. Е. Айзберга. — Минск : Красико-Принт, 2007. — 372 с.
3. Геология Беларуси / под ред. А. С. Махнач. — Минск : Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. — 815 с.
4. Аронова Т. И. Особенности проявления сейсмостектонических процессов на территории Беларуси // Литасфера. 2006. № 2 (25). С. 103–110.

5. Karabanov A., Garetsky R., Aizberg R., Aronova T., Kurlovich D. Neogeodynamics phenomena investigation and computerized mapping in Belarus // The current role of geological mapping in geosciences. NATO science series. Series IV: Earth and environmental sciences. 2005. Vol. 56. P. 157–168.
6. Аронов А. Г., Сероглазов Р. Р., Аронова Т. И., Курлович Д. М. Применение ГИС-технологий при оценке сейсмической обстановки западной части Восточно-Европейской платформы // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування. — Європейський досвід : Міжнародна науково-практична конференція, Чернівці, 25–27 травня 2005. — Чернівці, 2005. С. 179–182. 

Гречко Анатолий Михайлович,  
тел.: +375 (17) 334-74-94  
Кацемба Светлана Николаевна,  
Невельсон Илья Самойлович,  
Кутырло Виктория Олеговна:  
тел.: +375 (17) 334-86-01  
Курлович Дмитрий Мирославович,  
тел.: +375 (17) 209-54-79

#### POSSIBLE GEOLOGICAL RISKS DURING THE EXPLORATION OF THE EASTERN PART OF NEZHIN SECTION OF STAROBIN POTASSIUM SALT DEPOSIT

Grechko A. M.<sup>1</sup>, Deputy Director of Scientific Work, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, phone: +375 (17) 334-74-94  
Katsemba S. N.<sup>1</sup>, Chief Specialist  
Nevelson I. S.<sup>1</sup>, Chief Specialist  
Kutyrla V. O.<sup>1</sup>, Engineer  
Kurlovich D. M.<sup>2</sup>, Senior Lecturer, Candidate of Geographic Sciences

<sup>1</sup>“Belgorkhimprom” Institute (Minsk, Republic of Belarus)

<sup>2</sup>Belarus State University (Minsk, Republic of Belarus)

Under the conditions of recent standards of subsurface resources management, the main problems are the risks that can occur during the exploration of new mineral deposits. These risks were formerly acknowledged by government.

The article considers the aims, which are related to identification and assessment of geological and mine risks during the exploration of potassium deposits. According to the presented research data, the geological and mine risks are rated in whole and referring to the Eastern part of Nezhin section of Starobin deposit.

**Key words:** Starobin deposit, Nezhin section, development of deposits, geological and mine risks.

#### REFERENCES

1. Strakhov V. N., Ulomov V. I., Shumilina L. S. *Fizika Zemli — Physics of the Solid Earth*, 1998, No. 10, pp. 92–96.
2. *Razlomy zemnoy Kory Belarusi* (Fractures of the earth's crust in Belarus). Under the editorship of R. E. Ayzberg. Minsk : Krasiko-Print, 2007, 372 p.
3. *Geologiya Belarusi* (Geology of Belarus). Under the editorship of A. S. Mahnach. Minsk : Institute of Geological Sciences of Belarus National Academy of Sciences, 2001, 815 p.
4. Aronova T. I. *Litosfera — Lithosphere*, 2006, No. 2 (25), pp. 103–110.
5. Karabanov A., Garetsky R., Ayzberg R., Aronova T., Kurlovich D. Neogeodynamics phenomena investigation and computerized mapping in Belarus. The current role of geological mapping in geosciences. NATO science series. Series IV: Earth and environmental sciences. 2005, Vol. 56, pp. 157–168.
6. Aronov A. G., Seroglazov R. R., Aronova T. I., Kurlovich D. M. *Primenenie GIS-tehnologiy pri otsenke seysmicheskoy obstanovki zapadnoy chasti Vostochno-Evropeyskoy platformy* (An application of Geoinformation Systems technology of the seismic situation of the west part of East European Platform). *Novitni dosyagnennya geodezii, geoinformatiki ta zemlevporядkuvannya. Evropeyskyy dosvid : Mizhnarodna naukova-praktichna konferentsiya, Chernigov, 25–27 travnya 2005* (The latest achievements of geodesy, geoinformatics and land management. The European experience : International scientific and practical Conference, Chernigov, 25–27 May 2005). Chernigov, 2005, pp. 179–182.