

## ОПЫТ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ С ВЫСОКОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ)

В.В. Филатов<sup>1</sup>, Л.А. Болотнова<sup>2</sup>, К.В. Вандышева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия,  
e-mail: Vandysheva\_Ksenya@mail.ru

**Аннотация:** Разработка месторождений полезных ископаемых, особенно крупных и уникальных, сопровождается выемкой и перемещением огромных масс горной породы, образованием гигантских отвалов пустой породы, отстойников и полостей в виде горных выработок. В результате происходит нарушение естественного напряженного состояния геологической среды. Восстановление ее равновесия сопровождается различными по форме и интенсивности динамическими явлениями, нередко катастрофическими. Поэтому проблема безопасной эксплуатации месторождений является актуальной в научном, практическом и экологическом отношениях. В Уральском регионе есть несколько районов, в пределах которых уровень техногенной нагрузки на геологическую среду оценивается, как потенциально опасный. Одним из таких районов является Соликамско-Березниковский, где с 1932 г. ведется эксплуатация крупнейшего в мире Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС), а также месторождений углеводородов, подземных вод, других полезных ископаемых, имеется крупное Камское водохранилище. Геологическая среда в пределах месторождения в такой ситуации перешла в состояние неустойчивого равновесия. Об этом свидетельствуют катастрофические динамические явления, произошедшие на ВКМКС в различные годы. Целью настоящей работы является обобщение опыта изучения тектонического строения и динамических событий, произошедших на ВКМКС и обоснование критериев для их прогнозирования.

**Ключевые слова:** Соликамско-Березниковский район, нарушение равновесия геологической среды, техногенная нагрузка, тектонические дислокации (дизъюнктивные и пликативные) различного ранга, гравитационное поле, Красноуфимский глубинный разлом, участок повышенной трещиноватости, трещинная зона, прогнозирование.

**Для цитирования:** Филатов В. В., Болотнова Л. А., Вандышева К. В. Опыт изучения территорий с высокой техногенной нагрузкой (на примере Верхнекамского месторождения калийных солей) // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 11-2. – С. 73–84. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_112\_0\_73.

### Experience of studying territories with a high technogenic load (on the example of the Verkhnekamsk potash salt deposit)

V.V. Philatov<sup>1</sup>, L.A. Boltnova<sup>2</sup>, K.V. Vandysheva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University, Vladimir, Russia

<sup>2</sup> Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia, e-mail: Vandysheva\_Ksenya@mail.ru

---

**Abstract:** The development of mineral deposits is accompanied by the extraction and movement of huge masses of rocks, the formation of giant dumps of empty rock, deposits and cavities in the form of mine workings. As a result, the natural stress state of the geological environment is disturbed. The restoration of its equilibrium is accompanied by catastrophic dynamic phenomena of different shapes and intensities. Therefore, the problem of safe operation of deposits is relevant in scientific, practical and environmental relations. The level of technogenic load on the geological environment is assessed as potentially dangerous within several regions of the Ural region. One of these areas is Solikamsko-Bereznikovsky. Since 1932, the world's largest Verkhnekamsk deposit of potassium salts (VKDPS), as well as hydrocarbon deposits, groundwater, and other minerals have been operated, there is a large Kama reservoir. The geological environment within the field in this situation has changed to an unstable equilibrium state. This is evidenced by the catastrophic dynamic phenomena that occurred at the VKDPS in various years. The purpose of this work is to summarize the experience of studying the tectonic structure and dynamic events that occurred at VKDPS and substantiate the criteria for their prediction.

**Key words:** Solikamsko-Bereznikovsky district, disturbance of the geological environment, technogenic load, tectonic dislocations (disjunctive and plicative) of various ranks, gravitational field, Krasnoufimsky deep fault, section of increased fracturing, fracture zone, forecasting.

**For citation:** Philatov V. V., Boltnova L. A., Vandysheva K. V. Experience of studying territories with a high technogenic load (on the example of the Verkhnekamsk potash salt deposit). *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(11-2):73-84. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_112\_0\_73.

---

## Введение

При изучении геологической среды фундаментальной является проблема определения генезиса или природы того или иного события или объекта.

Последовательность геологических событий имеет пространственно-временной характер. Условия, в которых они происходят, недоступны для изучения. Поэтому геологические события исследуются без установления их природы, описательное изучение геологических событий нередко позволяет правильно объяснять наблюдаемые факты и даже прогнозировать их пространственно-временную эволюцию.

До 1986 г. техногенные нагрузки не приводили к существенному нарушению равновесия геологической среды на ВКМКС. Первое катастрофическое событие произошло осенью 1986 г. Ре-

зультатом этого события стало затопление рудника БКРУ-3. В 1995 г. произошло техногенное землетрясение на руднике СКРУ-2 со значительным обрушением в выработанное пространство значительной массы горных пород. В 1999 г. в районе села Новая Зырянка в пределах рудника БКРУ-1 произошло образование цепочки провалов на дневной поверхности. В октябре 2006 г. произошло катастрофическое затопление рудника БКРУ-1. Все эти события свидетельствуют о системных нарушениях равновесия геологической среды, произошедших под действием техногенной нагрузки, обусловленной эксплуатацией месторождения [1, 2].

## Методы

Основой для изучения территории ВКМКС служат сейсмические, электро-

разведочные и эмпирические данные: геологические, структурно-тектонические, геоморфологические, петрофизические, геофизические (результаты детальной высокоточной гравиметрической съемки масштаба 1:25000, результаты гравиметрической съемки масштаба 1:100 000, результаты высокоточной детальной аэромагнитной съемки масштаба 1:10 000).

Задача построения модели события или объекта является обратной. Из обобщения и интерпретации одних и тех же фактических данных можно построить несколько различных моделей. Приоритет следует отдать той модели, которая объясняет большую часть наблюдаемых фактов. Такая модель и позволяет удовлетворительно прогнозировать в развитие того или иного события.

Данный подход приемлем при изучении техногенных динамических событий, которые происходят в относительно короткие промежутки времени, исчисляемые годами и десятилетиями.

Важнейшей проблемой изучения урбанизированных территорий является проблема динамического районирования и пространственного прогнозирования мест наиболее вероятного проявления динамических событий.

### **Результаты**

Динамический режим ВКМКС определяется тектоническим планом месторождения и механизмом формирования в его пределах естественного напряженного состояния [3, 4].

Тектонический план ВКМКС представляет собой иерархическую систему тектонических дислокаций (дизъюнктивных и пликативных) различного ранга от глубинных разломов до трещинных зон и отдельных трещин. Физико-геологические условия месторождения таковы, что тектонические дислокации наиболее уверенно картируются в гравитационном поле. Поэтому основой для построе-

ния тектонического плана ВКМКС наряду с другими геолого-геофизическими данными стали результаты детальной и высокоточной площадной гравиметрической съемки масштаба 1:25 000 [Г.Г. Касин и др., 2003; В.В. Филатов и др., 2016].

По результатам интерпретации аномального гравитационного поля ВКМКС на его территории было закартировано около 200 линейных отрицательных аномалий силы тяжести (рис. 1) интенсивностью в первые десятки доли мГал, шириною в плане в первые сотни метров и протяженностью более 2–4 км, источники которых находятся в основном на глубинах 100–200 м, реже на глубине около 400 м; ориентировка аномалий субмеридиональная, северо-западная, северо-восточная, реже широтная, т.е. соответствующая общему тектоническому плану ВКМКС. Наиболее вероятной геологической природой аномалий являются трещинные зоны, что в ряде случаев было подтверждено данными сейсморазведки, магниторазведки, электроразведки методом ВЭЗ в виде зон повышенной электропроводности, в совокупности с геоморфологическими, структурно-геологическими данными и данными физического моделирования [5 – 12].

Анализ тектонического плана ВКМКС и его динамического режима позволил сделать вывод о том, что эпицентры динамических событий (техногенные землетрясения, горные удары и др.) пространственно и генетически связаны со следующими тектоническими структурами: трещинными зонами, активными разломами различного рангов и узлами пересечения нескольких разломов различного рангов, а также установить критерии прогнозирования мест наиболее вероятного проявления динамических событий.

При движении блоков геологической среды вдоль разломных зон происходит накопление упругой энергии и ее разрядка в виде различных динамических



Рис. 1. Тектоническая схема Верхнекамского месторождения калийных солей с результатами интерпретации аномалий гравитационного поля

Fig. 1. Tectonic diagram of Verkhnekamsk potassium salt deposit with the results of interpretation of gravitational field anomalies

явлений. Общеизвестно, что землетрясения (как один из видов динамических событий), особенно мелкие, порождаются разломами земной коры.

Результаты изучения динамических событий на территории ВКМКС свидетельствуют о том, что:

- эпицентры 24 из 25 динамических событий находятся в пределах разломных зон;

уфимского глубинного разлома, а также высокими скоростями современных движений земной поверхности (до «плюс-минус» 6 мм в год).

Наиболее сложное строение имеют узлы, элементами которых служат разломы и трещинные зон. Узловые тектонические структуры оказывают наибольшее влияние на формирование естественного и техногенного силовых полей (напряжений). Анализ свойств этих структур показал, что вероятность прогноза в их пределах эпицентров динамических событий очень высока и зависит от большого количества факторов, которые классифицируются на [12]:

- динамические: вид и количество динамических событий, которые произошли в пределах узла; расстояние до

ближайшего эпицентра динамического события;

- тектонические: количество разломов, которые образуют узловую структуру; наличие узловой структуры участков повышенной трещиноватости на площади; азимут простираения разломов и кинематический тип, образующих узловую структуру;

- структурные: наличие структурных осложнений в рельефе глубинных горизонтов земной коры в пределах площади узловой структуры; расстояние от узловой структуры до бортовой части растущего соляного купола; расстояние до ближайшей узловой структуры;

- геофизические: наличие узловой структуры отрицательной линейной аномалии в поле силы тяжести; наличие уз-

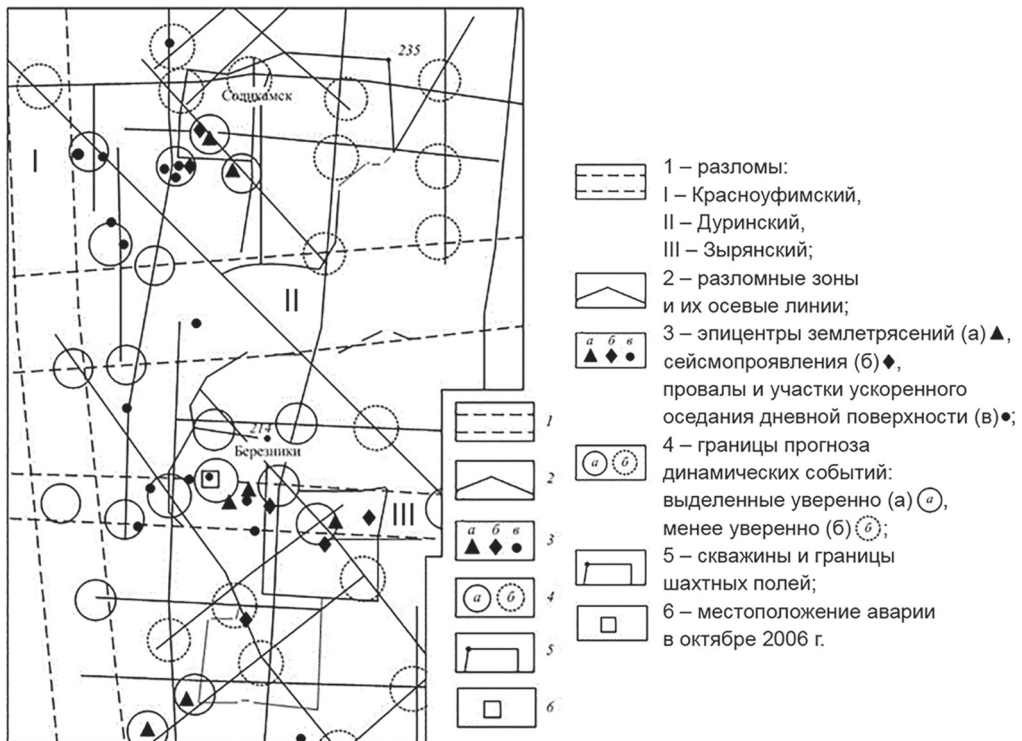


Рис. 2. Структурно-тектоническая схема ВКМКС и положение прогнозируемых участков наиболее вероятных динамических событий

Fig. 2. Structural and tectonic diagram of VKMKS and position of predicted areas of most probable dynamic events





Рис. 3. Тектоническая схема Балахонцевского участка (БКРУ-3) по геофизическим данным  
 Fig. 3. The tectonic scheme of the Balakhontsevsky section (BKRU-3) based on geophysical data

ловой структуры гелиевой аномалии на площади;

- геоморфологические: расстояние до крупного водохранилища от узловой структуры; изменение высот рельефа поверхности земли в пределах узловой структуры; характер речной сети на площади узловой структуры; характер линейментов, которые установлены по результатам дешифрирования космо- и аэро- снимков;

- горно-технические: наличие горных выработок в пределах узловой структуры.

Совокупность перечисленных признаков или критериев не случайная. Она отражает состояние геологической среды, находящейся под воздействием двух силовых полей — естественного и техногенного. Пока невозможно оценить вес и роль каждого признака и информационную полноту всей совокупности признаков и что надо сделать для того, чтобы эта совокупность признаков переросла в свое новое качество — в систему прогностических признаков. Тем

не менее, структурно-тектоническая схема ВКМКС (рис. 2), в основу построения которой были положены описанные выше признаки, следует рассматривать как достаточно обоснованную и использовать ее для прогнозирования динамических событий.

Детальный анализ структурно тектонической обстановки мест проявления динамических событий рассмотрен для Балахонцевского участка рудника БКРУ-3, Соликамского участка рудника СКРУ-2, Зырянской разломной зоны рудника БКРУ-1.

#### Балахонцевский участок (БКРУ-3)

Район затопленного рудника БКРУ-3 (Балахонцевский участок) характеризуется узловой структурой иерархического строения, представляя собой три вложенных друг в друга блока ограниченных разломами различных рангов меридионального, северо-западного и северо-восточного простирания (рис. 3, 4). Эпицентр района затопления — место истечения рассолов — это узел пересе-

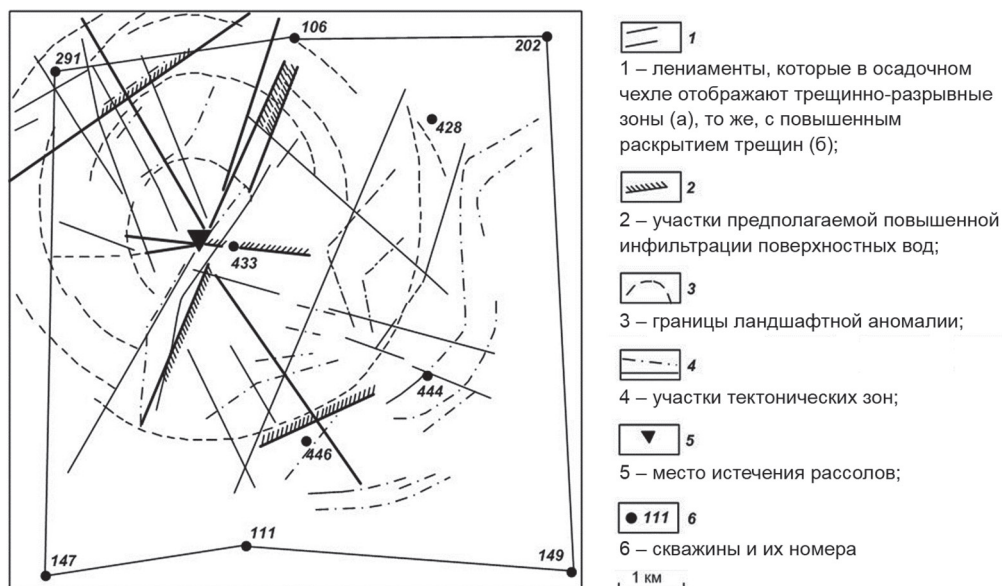


Рис. 4. Тектоническая схема Балахонцевского участка (БКРУ-3) по геоморфологическим данным  
 Fig. 4. The tectonic scheme of Balakhontsevsky section (BPOM-3) according to geomorphological data

чения разломов широтного, северо-западного и северо-восточного простирания и трещинной зоны, которая уверенно картируется в гравитационном и электрическом полях. Разломы в плане совпадают с линеаментами, установленными по результатам дешифрирования космо- и аэроснимков. Это свидетельствует о том, что движения вдоль разломов происходит и в новейшее время.

Разломы являются сбросо-сдвигами. В рельефе поверхности земли узловая структура сопряжена с ландшафтной аномалией — с поднятием радиусом 6—7 км, осложненным кольцевыми тектоническими нарушениями конформными изогипсам рельефа. В плане центр ландшафтной аномалии совпадает с местом истечения рассолов. Радиус области динамического влияния разломов, образующих узловую структуру, оценен в 3—4 км. В пределах шахтного поля БКРУ-3 развиты полигенетические дислокации, которые формируются при миграции подземных вод в надсоляной и в соля-

ной частях соляно-мергельных толщ в местах древних каналов разгрузки. Эти дислокации следует рассматривать в качестве одного из признаков тектонической активности узловой структуры, а по каналам мог осуществляться подток растворов.

#### Соликамский участок (СКРУ-2)

Эпицентр техногенного землетрясения, произошедшего в 1995 г., находится в узловой структуре, ограниченной тремя разломами: древним глубинным Тимано-Кокчетавским северо-западного простирания, субмеридиональным — палеозойского возраста и широтным — послепалеозойского возраста; поле силы тяжести узловой структуры характеризуется изометричной в плане отрицательной аномалией (рис. 5). Геологическое строение узла сложное [13]. Сейсмическими исследования в узле установлена повышенная раздробленность пород чехла и тектонические нарушения, пронизывающие подсолевою и надсолевою

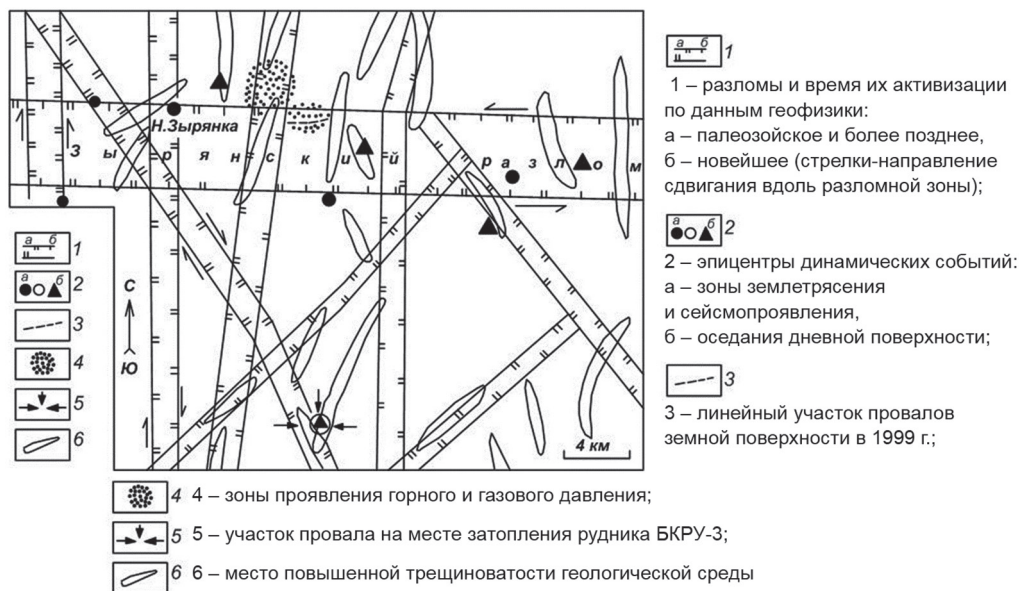


Рис. 5. Фрагмент тектонической схемы ВКМКС в районе Зырянского разлома (БКРУ-1)  
Fig. 5. Fragment of the VKMKS tectonic scheme in the area of the Zyryan sky fault (BKRU-1)

толщи [14]. Результаты интерпретации аномалии силы тяжести свидетельствуют о том, что она (аномалия) обусловлена разуплотнением пород. Характер разуплотнения — тектонический, такой характер указывает на нарушение сплошности водозащитной толщи месторождения. В процессе разуплотнения участвуют продуктивные и надсолевые породы.

#### Зырянская разломная зона (БКРУ-1)

При геодинамическом районировании территории ВКМКС по совокупности геолого-геофизических данных был закартирован субширотный Ново-Зырянский разлом сдвиговой кинематики (рис. 5), отнесенный к категории активных. Разлом проходит в южной части шахтного поля рудника БКРУ-1 [15]. Вывод о современной активности разлома был подтвержден в мае 1999 г., в этот период, в течение нескольких дней образовалась кулисообразная цепочка провалов [16] глубиной 2–4 м и шириной

около 1 м вдоль его осевой линии на дневной поверхности. Провалы, вероятно, образовались в результате горизонтального сдвига вдоль осевой линии Ново-Зырянского разлома, имели тектоническую природу и представляли собой две субширотные зоны. Положение некоторых провалов в плане совпало с проекциями участков проявления газодинамических явлений в горных выработках на дневную поверхность, что говорит о возможной связи между ними.

В октябре 2006 г., в результате прорыва подземных вод в горной выработке рудник БКРУ-1 был затоплен [17, 18]. Эпицентр аварии [19, 20] находится в области динамического влияния Ново-Зырянского активного разлома (рис. 5). В структурно-тектоническом отношении участок аварии представляет узловую структуру, образованную субмеридиональной трещиной зоной и Ново-Зырянским разломом.

Тектоническая узловая структура расположена на западном склоне рас-



тущего Березняковского соляного купола. Трещинная зона (ТЗ) — это разлом четвертого или пятого порядка, являющийся фрагментом системы деформационных структур Красноуфимского глубинного разлома; по гравиметрическим данным ТЗ нарушает сплошность осадочной толщи ВКМКС, повышая ее проницаемость по вертикали на сотни метров.

### **Заключение**

Выполненные исследования убедительно свидетельствуют, что все динамические события, произошедшие за

последние тридцать лет на территории ВКМКС, в структурно-тектоническом отношении генетически и пространственно связаны с трещинными зонами, активными разломами и тектоническими узловыми структурами, которые характеризуются большим количеством факторов или признаков. Опыт изучения прогностических признаков показал, что они устойчивы и повторяются в пределах всех изученных участков месторождения, где произошли опасные динамические события. Поэтому их следует использовать для прогнозирования динамических событий.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Савон Д. Ю. Снижение воздействия отходов калийной промышленности на окружающую среду // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 8. — С. 360–368.
2. Зубов В. П., Ковальский Е. Р., Антонов С. В., Пачгин В. В. Повышение безопасности рудников при отработке Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 5. — С. 22–33. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-22-33.
3. Бычков С. Г., Симанов А. А. Результаты гравиметрического мониторинга аварийных участков рудников Верхнекамского месторождения калийных солей / Теория и практика разведочной и промысловой геофизики. Сборник научных трудов. — Пермь, 2020. — С. 57–62.
4. Бычков С. Г., Мичурин А. В., Симанов А. А. Гравиметрический мониторинг потенциально опасных участков Верхнекамского месторождения опасных солей // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. — 2019. — № 2 (39). — С. 187–194.
5. Филатов В. В., Болотнова Л. А. Обобщение изучения трещинных зон на Верхнекамском месторождении калийных солей с помощью гравиразведки // Известия вузов. Горный журнал. — 2021. — № 3. — С. 79–87. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-3-79-87.
6. Филатов В. В., Болотнова Л. А. О тектоническом плане Верхнекамского месторождения калийных солей по результатам физического моделирования и геолого-геофизическим данным // Известия вузов. Горный журнал. — 2020. — № 5. — С. 38–46. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-5-38-46.
7. Sanfirov I. A., Stepanov Y. I., Gerasimova I. Y., Nikiforova A. I. Shallow geophysical exploration of the Upper Kama potash salt deposit // Journal of Mining Science. 2013, vol. 49, no 6, pp. 902–907.
8. Шулаков Д. Ю., Бутурин П. Г., Верхоланцев А. В. Сейсмологический мониторинг Верхнекамского месторождения: задачи, проблемы, решения // Горный журнал. — 2018. — № 6. — С. 25–29. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.05.
9. Щербинина Г. П. Реконструкция тектонических элементов по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических данных / Стратегия и процессы освоения георесурсов. Сборник научных трудов. Вып. 16. — Пермь: ГИ УрО РАН, 2018. — С. 167–172.

10. Щербинина Г. П. Выявление разуплотненных участков в водозащитной толще на северо-востоке БКПРУ-4 по гравиметрическим данным / Стратегия и процессы освоения георесурсов: Сборник научных трудов. Вып. 10. — Пермь: ГИ УрО РАН, 2012. — С. 143—145.

11. Кудряшов А. И. Верхнекамское месторождение солей. 2-е изд.. — М.: Эпсилон Плюс, 2013. — 368 с.

12. Березюк М. В., Румянцева Е. И. Экологическое воздействие на окружающую среду при добыче калийной соли в Пермском крае / Проблемы устойчивого развития российских регионов. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции. — Тюмень, 2016. — С. 77—81.

13. Абрамян Г. О., Аннаев А. Ю., Джеббаров М. Б. Особенности геологической изменчивости калийных солей // Маркшедерский вестник. — 2022. — № 1 (146). — С. 24—29.

14. Собко Е. А. Прогнозирование трещиноватых зон на Верхнекамском месторождении калийных солей по сейсмическим записям // Проблемы разработки месторождений углеводородов и рудных полезных ископаемых. — 2016. — № 1. — С. 275—277.

15. Дягилев Р. А., Маловичко Д. А., Шулаков Д. Ю., Голубева И. В., Бутырин П. Г. Карстовые процессы в опасной зоне Рудника БКПРУ-1 ОАО «Уралкалий» на Верхнекамском месторождении калийных солей / Землетрясения России в 2007 году. Сборник трудов. — Обнинск, 2009. — С. 94—98.

16. Татаркин А. В. Методика прогноза провалов земной поверхности на примере Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 1. — С. 121—132. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-121-132.

17. Бычков С. Г., Постолупов Г. В., Щербинина Г. П. Наземно-подземная гравиразведка на Верхнекамском месторождении калийных солей / Теория и практика разведочной и промысловой геофизики. Материалы научно-практической конференции посвященной 100-летию Пермского университета. — Пермь, 2016. — С. 76—80.

18. Бычков С. Г., Постолупов Г. В., Щербинина Г. П. Прогноз потенциально опасных участков при разработке Верхнекамского месторождения калийных солей по гравиметрическим данным / Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях. Материалы научно-практической конференции, посвященной 25-летию Горного института УрО РАН. — Пермь, 2014. — С. 19—23.

19. Липин Я. И. Причины аварий на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) и меры по их предупреждению // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2011. — № 11. — С. 139—146.

20. Барях А. А. О мерах охраны калийных рудников от затопления // Записки Горного института. — 2019. — Т. 240. — С. 613—620. DOI: 10.31897/PMI/2019.6.613. **МИАБ**

## REFERENCES

1. Savon D. Yu. Reducing the environmental impact of potash industry waste. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no. 8, pp. 360—368. [In Russ].

2. Zubov V. P., Kovalski E. R., Antonov S. V., Pachgin V. V. Improving the safety of mines in developing Verkhnekamsk potassium and magnesium salts. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 5, pp. 22—33. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-22-33.

3. Bychkov S. G., Simanov A. A. Results of gravimetric monitoring of emergency sections of the mines of the Verkhnekamsk potassium salt deposit. *Teoriya i praktika razvedochnoy i promyslovoy geofiziki. Sbornik nauchnykh trudov* [Theory and practice of exploration and field geophysics. Collection of scientific works], Perm, 2020, pp. 57—62. [In Russ].

4. Bychkov S. G., Michurin A. V., Simanov A. A. Gravimetric monitoring of potentially dangerous areas of the Verkhnekamsk hazardous salt deposit. *Geology and mineral resources of Western Urals.* 2019, no. 2 (39), pp. 187—194. [In Russ].

5. Filatov V. V., Bolotnova L. A. Summary of the study of fractured zones in the Verkhnekamskoye potash field by gravimetry. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2021, no. 3, pp. 79–87. [In Russ]. DOI: 10.21440/0536-1028-2021-3-79-87.

6. Filatov V. V., Bolotnova L. A. Tectonic plan of the Verkhnekamsk highway for physical modeling and geological and geophysical artificial. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*. 2020, no. 5, pp. 38–46. [In Russ]. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-5-38-46.

7. Sanfirov I. A., Stepanov Y. I., Gerasimova I. Y., Nikiforova A. I. Shallow geophysical exploration of the Upper Kama potash salt deposit. *Journal of Mining Science*. 2013, vol. 49, no 6, pp. 902–907.

8. Shulakov D. Yu., Buturin P. G., Verkholantsev A. V. Seismological monitoring at the Upper Kama potash deposit: Objectives problem solutions. *Gornyi Zhurnal*. 2018, no. 6, pp. 25–29. [In Russ]. DOI: 10.17580/gzh.2018.06.05.

9. Shcherbinina G. P. Reconstruction of tectonic elements based on the results of integrated interpretation of geological and geophysical data. *Strategiya i protsessy osvoeniya georesursov. Sbornik nauchnykh trudov* [Strategy and processes of development of georesources. Collection of scientific papers], issue 16, Perm, GI UrO RAN, 2018, pp. 167–172. [In Russ].

10. Shcherbinina G. P. Identification of decompressed areas in the water protection column in the northeast of the BPOM-4 according to gravimetric data. *Strategiya i protsessy osvoeniya georesursov. Sbornik nauchnykh trudov* [Strategy and processes of development of georesources. Collection of scientific papers], issue 10, Perm, GI UrO RAN, 2012, pp. 143–145. [In Russ].

11. Kudryashov A. I. *Verkhnekamskoe mestorozhdenie soley*. 2-e izd. [Verkhnekamskoye salt deposit, 2nd edition], Moscow, Epsilon Plyus, 2013, 368 p.

12. Berezyuk M. V., Rumyantseva E. I. Environmental impact during the extraction of potassium salt in the Perm Territory. *Problemy ustoychivogo razvitiya rossiyskikh regionov. Sbornik okladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of sustainable development of Russian regions. Collection of reports of the All-Russian Scientific and Practical Conference], Tyumen, 2016, pp. 77–81. [In Russ].

13. Abramyan G. O., Annaev A. Yu., Dzheparov M. B. Features of the geological variability of potassium salts. *Mine Surveying Bulletin*. 2022, no. 1 (146), pp. 24–29. [In Russ].

14. Sobko E. A. Prediction of fractured zones at the Verkhnekamskoye deposit of potassium salts from seismic records. *Problemy razrabotki mestorozhdeniy uglevodorodov i rudnykh poleznykh iskopaemykh*. 2016, no. 1, pp. 275–277. [In Russ].

15. Dyagilev R. A., Malovichko D. A., Shulakov D. Yu., Golubeva I. V., Butyrin P. G. Karst processes in the danger zone of the Mine BPOM-1 Uralkali OJSC at the Verkhnekamsk potassium salt deposit. *Zemletryaseniya Rossii v 2007 godu. Sbornik trudov* [Earthquakes of Russia in 2007. Collection of works], Obninsk, 2009, pp. 94–98. [In Russ].

16. Tatarin A. V. Prediction procedure for sinkholes in terms of the Upper Kama potassium–magnesium salt deposit. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 1, pp. 121–132. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-1-0-121-132.

17. Bychkov S. G., Postolupov G. V., Shcherbinina G. P. Surface-underground gravity exploration at the Verkhnekamskoye potash salt deposit. *Teoriya i praktika razvedochnoy i promyslovoy geofiziki. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii posvyashchennoy 100-letiyu Permskogo universiteta* [Theory and practice of exploration and field geophysics. Materials of a scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Perm University], Perm, 2016, pp. 76–80. [In Russ].

18. Bychkov S. G., Postolupov G. V., Shcherbinina G. P. Forecast of potentially hazardous areas during the development of the Verkhnekamsk potassium salt deposit based on gravimetric data. *Problemy bezopasnosti i effektivnosti osvoeniya georesursov v sovremennykh usloviyakh. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 25-letiyu Gornogo instituta UrO RAN* [Problems of safety and efficiency of georesource development in modern conditions. Materials of

a scientific practical conference dedicated to the 25th anniversary of the Mining Institute of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences], Perm, 2014, pp. 19–23. [In Russ].

19. Lipin Ya. I. Causes of accidents at the mines of the Verkhnekamsk potassium salt deposit (VDPS) and measures to prevent them. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011, no. 11, pp. 139–146. [In Russ].

20. Baryakh A. A. On measures to protect potash mines from flooding. *Journal of Mining Institute.* 2019, vol. 240, pp. 613–620. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI/2019.6.613.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Филатов Владимир Викторович* — д-р геол.-минерал. наук,  
профессор, зав. кафедрой,  
e-mail: [filatov47@mail.ru](mailto:filatov47@mail.ru),

Владимирский государственный университет  
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,  
ORCID ID: 0000-0002-8159-6488,

*Болотнова Любовь Анатольевна*<sup>1</sup> — канд. геол.-минерал. наук,  
доцент, e-mail: [l.bolotnova@yandex.ru](mailto:l.bolotnova@yandex.ru),  
ORCID ID: 0000-0002-5610-3688,

*Вандышева Ксения Васильевна*<sup>1</sup> — канд. геол.-минерал. наук,  
доцент, e-mail: [Vandyшева\\_Ksenya@mail.ru](mailto:Vandyшева_Ksenya@mail.ru),  
ORCID ID: 0000-0002-4397-7722,

<sup>1</sup> Уральский государственный горный университет.

**Для контактов:** Вандышева К.В., e-mail: [Vandyшева\\_Ksenya@mail.ru](mailto:Vandyшева_Ksenya@mail.ru).

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*V.V. Philatov*, Dr. Sci. (Geol. Mineral.),  
Professor, Head of Chair,  
e-mail: [filatov47@mail.ru](mailto:filatov47@mail.ru),  
A.G. and N.G. Stoletovs Vladimir State University,  
600000, Vladimir, Russia,  
ORCID ID: 0000-0002-8159-6488,

*L.A. Bolotnova*<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol. Mineral.),  
Assistant Professor,  
e-mail: [l.bolotnova@yandex.ru](mailto:l.bolotnova@yandex.ru),  
ORCID ID: 0000-0002-5610-3688,

*K.V. Vandyшева*<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol. Mineral.),  
Assistant Professor,  
e-mail: [Vandyшева\\_Ksenya@mail.ru](mailto:Vandyшева_Ksenya@mail.ru),  
ORCID ID: 0000-0002-4397-7722,

<sup>1</sup> Ural State Mining University,  
620144, Ekaterinburg, Russia.

**Corresponding author:** K.V. Vandyшева, e-mail: [Vandyшева\\_Ksenya@mail.ru](mailto:Vandyшева_Ksenya@mail.ru).

Получена редакцией 16.06.2022; получена после рецензии 01.10.2022; принята к печати 10.10.2022.

Received by the editors 16.06.2022; received after the review 01.10.2022; accepted for printing 10.10.2022.

