

Сравнение

Наиболее диагностичными из найденных костей являются плечевая кость левой конечности и фрагмент проксимального конца правой плечевой кости, что позволяет сравнить их с ранее обнаруженными остатками плезиозавров рода *Polykotylus*. Плечевые кости отличаются существенно меньшими размерами. На дистальном конце плечевой кости *P. kamenskuralensis* sp. nov. наблюдаются пять фасеток контактов с костями мезоподи-

ума, в то время как у ранее описанного *P. latipinnis* [4] их всего четыре. Проксимальный конец описываемого вида отличается от такового *P. latipinnis* большим углом отклонения капитилума от центральной оси плечевой кости. Своеобразное строение проксимального конца и укороченные фаланги пальцев позволяют предположить, что представители *P. kamenskuralensis* sp. nov. часто выходили на сушу. Судя по строению серии хвостовых позвонков, хвост *P. kamenskuralensis* sp. nov., очевидно, выполнял ведущую роль при движении животного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов Н.Н. Из истории плезиозавров в России // Учен. зап. Моск. унив. Отд. естест.-ист. 1911. В. 31. 412 с.
2. Верхнемеловые отложения южного Зауралья (район верхнего Притоболья) / Ред. Г.Н. Папулов и др. Свердловск: УрО АН СССР, 1990. 223 с.
3. Новохатский И.П. О находках остатков позвоночных в меловых отложениях восточного Приуралья // Изв. АН Каз.ССР. 1954. В. 18. С. 146-147.
4. Everhart M.J. Oceans of Kansas: A Natural History of the Western Interior Sea. Bloomington: Indiana Univ. Press. 2005. 322 p.

УДК 550.81 + 550.85

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ ШТОКВЕРКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.А. МАКАРЧЕВА, О.И. ГУСЬКОВ

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23; e-mail: ogon.ok@mail.ru*

На участках детализации, созданных на штокверковых месторождениях — Первомайском, Шерловая Гора и Крутом Пыркакайского оловорудного узла, отличающихся внутренним строением, проанализирован характер изменчивости содержаний полезных компонентов. На штокверковых месторождениях с крутыми углами падения рудовмещающих прожилков выявлена низкая представительность результатов опробования на участках детализации, созданных путём бурения вертикальных буровзрывных скважин. Результаты проведённых исследований показали, что вопрос о возможности селективной отработки должен решаться на основе детального изучения структурных особенностей рудовмещающих прожилков, влияющих на характер изменчивости содержаний полезных компонентов.

Ключевые слова: изменчивость оруденения; штокверковые месторождения; рудовмещающие прожилки; селективная отработка.

ASSESSMENT OF QUANTITATIVE FACTORS OF VARIABILITY OF PARAMETERS OF STOCKWORK DEPOSITS

A.A. MAKARCHEVA, O.I. GUSKOV

*Russian State Geological Prospecting University
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23; e-mail: ogon.ok@mail.ru*

On the basis of specification areas, created in three stockwork deposits — Pervomauskaya, Sherlovaya Gora and Krutoy of Pyrkayiskiy tin ore unit, differing from each other in internal structure, the type of variation of useful components' contents was analyzed. At stockwork deposits with steep ore-bearing veins' dip angles the low representativeness of the results of testing on the specification areas was explored, created by vertical drilling of blasting holes. The results of the research showed that the possibility of selective mining should be estimated on the basis of a detailed study of the structural features of ore-bearing veins, which affect the type of variation of the useful components' contents.

Key words: the variation of a mineralization; stockwork deposits; ore-bearing veins; selective mining.

В последнее время для многих полезных ископаемых ведущим морфологическим типом становится штокверковый тип [10]. Несмотря на невысокие содержания полезных компонентов, данный тип характеризуется крупными запасами и возможностью открытой отработки, что позволяет получать дешевые концентраты. Штокверковый тип является ведущим для месторождений: медно-порфировых, молибдена; вольфрама; олова.

Возможны два подхода отработки открытым способом [5]:

1) «на массу» — со сплошным извлечением руды в контуре штокверка,

2) селективная — с разделением участков рудных тел на кондиционную руду и породы внутренней вскрыши.

Штокверковые месторождения в большинстве случаев разведываются буровыми скважинами, подсчет запасов производится в обобщенном контуре с применением коэффициента рудоносности [5], что предполагает возможность селективной отработки. Но это предположение требует обоснования даже на ранних стадиях геолого-разведочных работ. Отсутствие такого обоснования может привести к неправильной геолого-экономической оценке месторождений.

В связи с этим авторами была предпринята попытка решить задачу геометризации выемочных единиц в процессе эксплуатации и оценки в них содержания полезного ископаемого.

По всем рассматриваемым штокверкам степень изменчивости содержания полезных компонентов оценивалась с помощью коэффициента вариации.

Для анализа пространственного характера изменчивости содержания полезных компонентов по штокверкам были оценены региональные тренды содержания полезных компонентов, т. е. наиболее общие закономерности данного признака. Закономерная составляющая изменчивости содержания полезных компонентов описывалась ортогональным полиномом 4-го порядка, значимость тренда оценивалась по критерию Фишера [8].

Оценка локальной закономерной составляющей изменчивости содержания полезных компонентов проводилась по характеру вариограммы. По поведению вариограммы делались выводы о непрерывности оруденения. Для этого вычислялись вариограммы без элиминирования тренда. В итоговую модель

вариограммы по всем штокверкам входят эффект самородков и изотропная сферическая модель. Чтобы на кривой оказалось достаточное число точек, шаг осреднения во всех случаях был задан 5 м. Угол сглаживания выбран 90° — в этом случае между четырьмя ориентированными вариограммами будут распределены без перекрытия все возможные пары проб [8]. Интерпретация структуры изменчивости содержания полезных компонентов на штокверковых месторождениях выполнялась по осредненной вариограмме.

Под штокверком разные исследователи подразумевали месторождения различные по прерывистости, изменчивости содержания и другим аспектам [2, 9, 11, 13]. Внутреннее строение штокверков обусловлено их текстурами: в первую очередь ориентировкой рудных прожилков, которая на штокверках может быть как несогласованная, так и иметь закономерный характер. А это достаточно важный момент, который оказывает непосредственное влияние на выбор способа разведки. Если прожилки, несущие рудную минерализацию, являются крутопадающими, то разведка вертикальными скважинами на участке детализации не позволяет обеспечить надёжное оконтуривание кондиционных участков.

В табл. 1 приведены примеры штокверковых месторождений и тип ориентировки в них рудных прожилков.

Для большинства месторождений характерны разноориентированные прожилки с разными углами падения, но встречаются штокверки с закономерными системами ориентировки и падения рудных прожилков [2, 13].

Авторы проанализировали характер изменчивости содержания по трём штокверкам — Первомайскому, Шерловой Горе и Крутому Пыркакайского оловорудного узла. На всех этих штокверках была создана сеть наблюдений по буровзрывным скважинам 5×5 м.

Штокверк Первомайский. Основная часть молибденового штокверка приурочена к апикальной части небольшого гранит-порфирового интрузива, внедрившегося в зону контакта кварцевых диоритов со сланцами. Штокверк представляет собой неправильное, уплощенное тело, слегка вытянутое в северо-западном направлении. По данным В.И. Игнатовича [4],

Таблица 1

Характер ориентировки рудных прожилков на штокверковых месторождениях [2]

Название месторождения	Полезное ископаемое	Ориентировка рудных прожилков
Коунрад	Cu	Различно ориентированные прожилки
Алмалык	Cu	То же
Бошекуль	Cu	— " —
Агарак	Mo	— " —
Каджаран	Cu Mo	Преобладают крутопадающие прожилки северо-западного и северо-восточного простираний
Сора	Mo	Различно ориентированные крутопадающие прожилки
Первомайское	Mo	Различно ориентированные прожилки
Шалгия	Mo	То же
Джанет	Mo	— " —
Булуктаевское	Mo-W	— " —
Инкур	W	Преобладают крутопадающие прожилки северо-восточного простирания
Шерловая Гора	Sn	Различно ориентированные прожилки
Тарбальджейское	Sn	Преобладают крутопадающие прожилки северо-западного простирания
Ипчальское	Mo	Преобладают крутопадающие прожилки близширотного простирания
Богуты	W	Преобладают крутопадающие прожилки субмеридионального и северо-восточного простираний
Бурановское	W	Преобладают крутопадающие прожилки северо-западного простирания
Пыркакайские штокверки	Sn	Преобладают крутопадающие прожилки субмеридионального простирания

Таблица 2

Характеристики изменчивости штокверковых месторождений

Название штокверка	Величина коэффициента вариации	Закономерная составляющая (ортогональный полиномом 4-го порядка), %	Значимость тренда	Эффект самородков, дол. ед.
Первомайский	65,47	29,59	Значим	0,51
Шерловая Гора	170,49	22,51	Значим	0,74
Крутой, верхняя пластина	79,9	7	Незначим	0,88
Крутой, нижняя пластина	88,7	7	Незначим	0,83

оруденение в штокверке вкрапленно-жильно-прожилковое. Основную практическую ценность представляют кварц-молибденитовые прожилки, в значительно меньшей степени — более крупные кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы с молибденитом.

Ориентировка и размеры рудных прожилков разнообразны. Длина прожилков колеблется от нескольких сантиметров до нескольких десятков метров. Мощность — от долей миллиметра до 10 см. Наиболее часто встречаются прожилки мощностью от 0,5 до 1 см. Главным жильным минералом является кварц, в подчиненном количестве встречаются флюорит и мусковит, в виде единичных зёрен — берилл, альбит и триплит. Рудные минералы представлены молибденитом и пиритом, в меньшем количестве встречаются халькопирит, гематит и очень редко — пирротин и сфалерит. Рудные минералы, как правило, локализованы в жилах и прожилках, в меньшей степени встречаются в виде вкрапленности во вмещающих породах [2].

Месторождение обрабатывалось открытым способом. Сопровождающая эксплуатационная разведка осуществлялась вертикальными буровзрывными скважинами по равномерной сети, близкой к 5×5 м. В пробу отбирался материал по 5-метровому интервалу скважин [1].

Месторождение Шерловая Гора находится в экзоконтакте Шерловгорского массива в широкой зоне дробления, ороговивания и грейзенизации вмещающих кварцевых порфиров и диорит-профиров. Главный оловоносный штокверк представляет собой неправильное тело, по форме напоминающее усечённый конус, обращённый вершиной вниз [13].

Основной промышленный минерал — касситерит, но руды по своему составу комплексные и содержат также минералы свинца, цинка и вольфрама. Наиболее распространенными минералами, кроме касситерита, являются арсенопирит и сфалерит. Касситерит встречается в виде зёрен или тонкозернистых агрегатов. Скопления касситерита обычно выполняют сеть тонких, быстро выклинивающихся, различно ориентированных трещин. Интенсивность трещиноватости по месторождению неравномерная. С глубиной содержание олова снижается [13].

Месторождение разведано скважинами колонкового бурения по сети 60×60 м и обрабатывалось открытым способом. Сопровождающая эксплуатационная разведка проводилась путём опробования шлама буровзрывных скважин по неравномерной сети, близкой к 5×5 м. В пробу отбирался материал по 5-метровому интервалу [3].

Штокверк «Крутой» в структурном отношении месторождения рудного узла приурочен к надкупольной зоне нескрытого гранитного массива и локализован в участках пересечения меридиональных зон трещиноватости с северо-западными и широтными разрывными структурами Оленинской зоны разломов северо-западного простирания. Месторождение гидротермального типа, касситерит-кварцевой формации [12]. В плане штокверк «Крутой» вытянут в субмеридиональном направлении, падение восточное, крутое 70–90°.

Основной рудовмещающей структурой штокверка является линейная зона мелкой меридиональной трещиноватости, представленная двумя системами трещин: 1) аз.пад. 80–100°, ∠ 75–90°; 2) аз.пад. 260–280°, ∠ 75–90°.

Первая система трещин является основной рудовмещающей и представлена серией параллельных трещин. Вторая система представлена тонкими, притертыми трещинами, без минерализации [12].

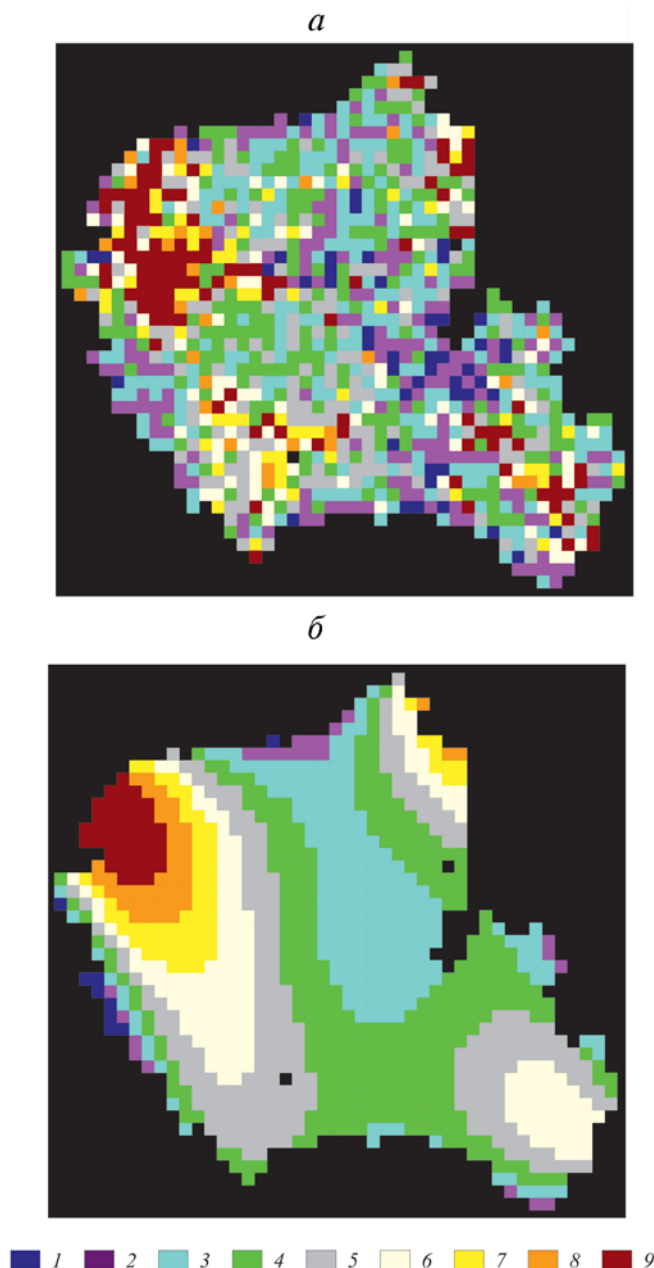


Рис. 1. Штокверк Первомайский: а — сортовой план по результатам опробования [1], б — план тренда; классы содержаний (%): 1 — < 25, 2 — 25-45, 3 — 45-65, 4 — 65-85, 5 — 85-105, 6 — 105-125, 7 — 125-145, 8 — 145-165, 9 — > 165

Основным промышленным минералом месторождения является касситерит, хотя руды по своему составу комплексные и содержат также вольфрам. Касситерит встречается в виде хорошо образованных кристаллов, редко в виде сплошных зернистых масс или мелкорасеянной вкрапленности.

Рудоносные трещины выполнены касситерит-кварцевой минерализацией. Средняя мощность прожилков 4 см, длина от 1 до 30 м (средняя длина 10–15 м), падение восточное с углом от 70 до 90°. Практически весь касситерит локализован в прожилках.

На штоковке «Крутом» был создан участок детализации площадью 18400 м², разбуренный вертикальными буровзрывными скважинами глубиной 10 м, по сети 5 × 5 м. В пробу отбирался материал с каждых 5 м, таким образом, по результатам опробования на олово были выделены две 5-метровые пластины — верхняя и нижняя [12].

Характеристики изменчивости данных штоковковых месторождений приведены в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что на штоковке Первомайском, коэффициент вариации $K_{\text{в}}$ составил 65,47 %. Это свидетельствует, что изменчивость содержания молибдена по пробам велика. Исходя из результатов тренд-анализа, закономерная составляющая изменчивости содержания молибдена высокая, а эффект самородков, отражающий долю случайной составляющей изменчивости содержания молибдена, составил 0,51. Последнее указывает на наличие непрерывности промышленной минерализации в рудах, но затухающей значительной долей случайной изменчивости [7]. Из этого следует, что сортовые планы, построенные по результатам опробования (рис. 1), отражают реальные закономерности изменения содержания молибдена.

На штоковке Шерловая Гора коэффициент вариации $K_{\text{в}}$ составил 170,49 %, что свидетельствует об очень большой изменчивости содержания олова в пробах. Закономерная составляющая изменчивости содержания полезного компонента достаточно высокая, а эффект самородков равен 0,74, что указывает на наличие закономерностей в изменчивости содержания олова в руде, осложненных случайными колебаниями [7]. Таким образом, сортовым планам, построенным по результатам опробования (рис. 2), можно доверять. Особенно тем, которые построены при низких значениях бортового содержания, при которых отработку можно вести «на массу».

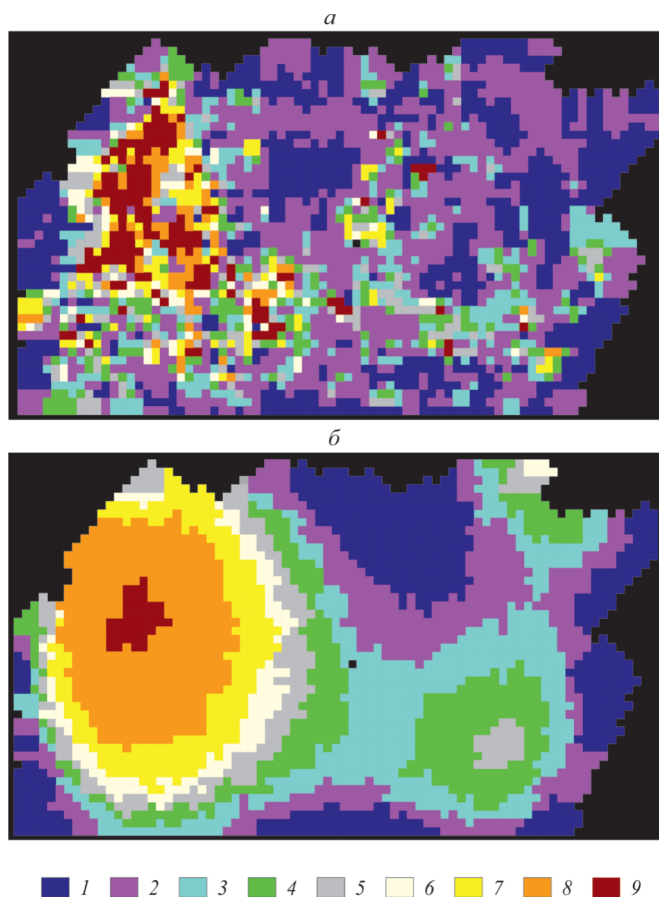


Рис. 2. Штоковка Шерловая Гора: *a* — сортовой план по результатам опробования [3], *b* — план тренда; классы содержаний (%): 1 — < 0,02, 2 — 0,02–0,045, 3 — 0,045–0,07, 4 — 0,07–0,095, 5 — 0,095–0,12, 6 — 0,12–0,145, 7 — 0,145–0,2, 8 — 0,2–0,3, 9 — > 0,3

На штоковке «Крутой» Пыркакайского оловоносного узла коэффициенты вариации составили: 79,9 % по верхней и 88,7 %

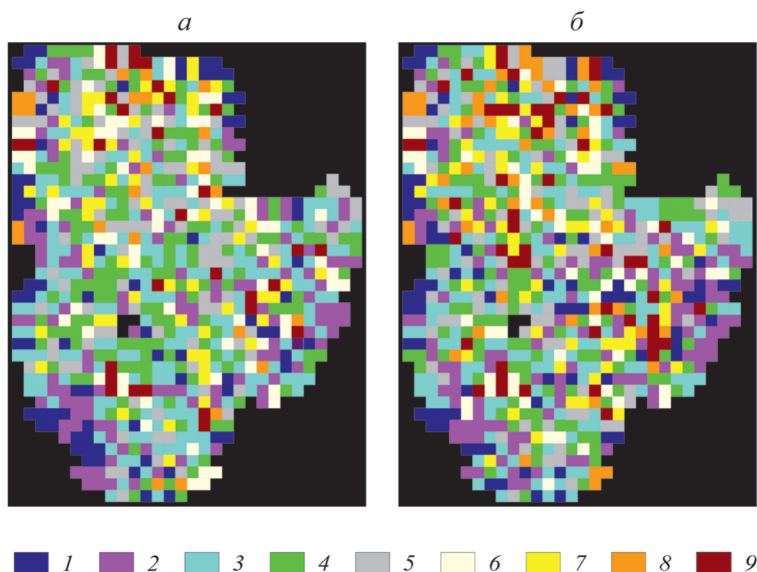


Рис. 3. Штоковка «Крутой»: сортовые планы по результатам опробования [12]: *a* — верхняя пластина, *b* — нижняя пластина; классы содержаний (%): 1 — < 0,05, 2 — 0,05–0,1, 3 — 0,1–0,15, 4 — 0,15–0,2, 5 — 0,2–0,25, 6 — 0,25–0,3, 7 — 0,3–0,4, 8 — 0,4–0,5, 9 — > 0,5

по нижней пластине. Это подтверждает, что в обоих случаях изменчивость содержаний олова по пробам достаточно высокая [6].

Закономерная составляющая изменчивости содержаний полезных компонентов мала и незначима, а эффект самородков по верхней и нижней пластине равен 0,88 и 0,83 соответственно, что свидетельствует о весьма большой доле случайной составляющей изменчивости содержаний полезных компонентов и отсутствии непрерывности оруденения. Следовательно, сортовые планы, построенные по результатам опробования (рис. 3), не отражают закономерностей изменения содержания олова в горизонтальных сечениях штоковёрка.

Высокая доля случайной изменчивости содержания олова на штоковёрке «Крутом» связана с тем, что прожилки вертикальные и буровзрывные скважины тоже вертикальные, что приводит к резким различиям содержаний олова по соседним разведочным пересечениям. На штоковёрках Первомайский и Шерловая Гора прожилки разноориентированы, поэтому резких отклонений в содержаниях полезного компонента при небольшом расстоянии между разведочными пересечениями не наблюдается. Таким образом, при решении вопроса о возможности селективной отработки надо уделять внимание детальному изучению структурных особенностей рудомещающих прожилков.

Из примеров понятно, что такие показатели, как закономерная составляющая изменчивости содержаний полезного

компонента, описанная ортогональным полиномом 4-го порядка, и эффект самородков позволяют сделать вывод о степени достоверности сортовых планов. Так, руды различного качества на штоковёрке Первомайском поддаются достаточно надёжной геометризацией. На штоковёрке Шерловая Гора некоторые участки можно геометризовать, некоторые нет. На штоковёрке «Крутом» различные по качеству руды геометризовать нельзя, даже по густой сети эксплуатационного опробования. Соответственно закономерная составляющая изменчивости содержаний полезного компонента и эффект самородков дают возможность выделить штоковёрки, на которых селективная отработка невозможна.

Выводы

1. Оценить возможность селективной отработки штоковёрковых месторождений можно по количественным характеристикам изменчивости содержаний полезных компонентов — доле закономерной составляющей изменчивости содержаний полезных компонентов, обусловленной трендом, и величине коэффициента эффекта самородков при аппроксимации вариограмм, рассчитанным по участкам детализации.

2. Штоковёрки, на которых в силу преобладания случайной изменчивости даже при максимально густой разведочной сети нельзя надёжно геометризовать участки кондиционных руд, не следует обрабатывать селективно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабина Т.О. Условия применения геостатистических методов при оценке запасов месторождений полезных ископаемых: автореф.... дис. канд. геол.-мин. наук. М., 2003. 25 с.
2. Галкин Б.И., Бирюков В.И., Крейтер В.М. и др. Разведка штоковёрковых месторождений цветных и редких металлов. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 234 с.
3. Гуцин В.А. Подготовка материалов к пересчёту запасов по штоковёрку Большой Шерловогорского месторождения. Иркутск, 1983. 146 с.
4. Игнатович В.И. Внутреннее строение Первомайского молибденового штоковёрка // Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск; 1972. С. 394—401.
5. Каждан А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1977. 327 с.
6. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ. СПб.: Недра, 2004. 420 с.
7. Кумбс Д. Искусство и наука оценки запасов (перевод с английского О. Казаков). Перт: COOMBES CAPABILITY, 2008. 231 с.
8. Мальцев В.А. Программный комплекс геостатистического моделирования и оценивания GST 3.02 — учебник и руководство пользователя. М., 1993. 153 с.
9. Милютин А.Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1989. 296 с.
10. Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчёту запасов твёрдых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа. М., 2014. 87 с.
11. Старостин В.И. Игнатов П.А. Геология полезных ископаемых. М.: Академический Проспект, 2006. 512 с.
12. Утин П.П. Отчёт о геологоразведочных работах на штоковёрках Пыркакайского оловоносного узла с подсчётом запасов по состоянию на 1 июля 1980 г. Магадан, 1980. 364 с.
13. Фролов А.А. Штоковёрковые рудные месторождения. М.: Недра, 1978. 263 с.

УДК 624.131.1

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. НЕВЕЧЕРЯ

*Российский государственный геологоразведочный университет
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23; e-mail: ozoll91@yandex.ru*

Предложен алгоритм реализации концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов в основании сооружений, разработанный в МГРИ-РГГРУ применительно к памятникам архитектуры, на примере исторических сооружений Кирилло-Белозерского монастыря. Охарактеризованы особенности инженерно-геологических условия территории Кирилло-Белозерского музея-заповедника, приведены результаты ретроспективного анализа развития исторической природно-технической системы (ИПТС) и её типизации. Использование алгоритма позволило провести оценку состояния и режима функционирования локальной ИПТС, установить парагенез процессов, влияющих на устойчивость памятников.

Ключевые слова: историческая природно-техническая система; сфера взаимодействия; памятник архитектуры; инженерно-геологический процесс.