

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 штоков.

Высокая доля случайной изменчивости содержания олова на штоковке «Крутом» связана с тем, что прожилки вертикальные и буровзрывные скважины тоже вертикальные, что приводит к резким различиям содержаний олова по соседним разведочным пересечениям. На штоковках 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 штоковке Первомайском поддаются достаточно надёжной геометризации. На штоковке Шерловая Гора некоторые участки можно геометризовать, некоторые нет. На штоковке «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 штоковки, на которых селективная отработка невозможна.

Выводы

1. Оценить возможность селективной отработки штоковковых 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. Штоковки, 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 штоковковых месторождений цветных и редких металлов. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 234 с.
3. Гущин В.А. Подготовка материалов к подсчёту запасов по штоковку Большой Шерловогорского месторождения. Иркутск, 1983. 146 с.
4. Игнатович В.И. Внутреннее строение Первомайского молибденового штоковка // 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 штоковках Пыркакайского оловоносного узла с подсчётом запасов по состоянию на 1 июля 1980 г. Магадан, 1980. 364 с.
13. Фролов А.А. Штоковковые 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.

THE ENSURE OF STABLE FUNCTION OF LOCAL HISTORICAL NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS

V.V. NEVECHERYA

*Russian State Geological Prospecting University
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23; e-mail: ozoll91@yandex.ru*

An algorithm for realization of the concept of the early warning of the negative engineering-geological processes development at the base of the structures is offered. It was developed in MGRI-RGGRU in relation to the monuments, on the example of the historical buildings of the Kirill-Belozersky monastery. The features of engineering-geological conditions of the territory of the Kirill-Belozersky museum-reserve are described, the results of the retrospective analysis of the development of historical natural-technical system (HNTS) and its typing are given. The use of the algorithm helped carrying out the assessment of the status and mode of functioning of the local natural-technical systems and establishing the paragenesis of the processes affecting the stability of the monuments.

Key words: monitoring; historical natural-technical system (HNTS); sphere of interaction; architectural monument; engineering-geological process.

В настоящее время ведётся активная разработка и внедрение комплексных концепций инженерной и технологической устойчивости памятников архитектуры, основанных на системном подходе [1]. Для разработки превентивной системы предотвращения деформаций памятников архитектуры, обеспечения устойчивого функционирования ИПТС, предлагается использовать концепцию раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов в основании сооружений, разработанную В.В. Пендиным [3]. Главные положения концепции были предложены в конце 90-х гг. прошлого века и опробованы на ряде актуальных природно-технических систем (ПТС), а также для элементарной исторической природно-технической системы (ИПТС) комплекса Успенского собора Кирилло-Белозерского музея-заповедника [5]. Методологической

основой концепции являются системный подход, риск-анализ и основы создания мониторинга литотехнических систем.

Локальная ИПТС Кирилло-Белозерского музея-заповедника, по классификации локальных ИПТС [4], является архитектурной по назначению, обособленной по обустройству (монастырский комплекс с чёткими границами), с возрастом формирования более 500 лет, располагается на территории с низкой интенсивностью взаимодействия с техносферой (сельский район Вологодской области), характеризуется сложным строением подсистемы — сфера взаимодействия сооружений с геологической средой, находится на территории развития ледникового и водно-ледникового рельефа.

Алгоритм реализации концепции применительно к локальным ИПТС включает диагноз состояния ИПТС, основанный



Схема алгоритма применения основных положений концепции для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря

на инженерно-геологическом и аналитическом обследовании, предварительный и скорректированный прогноз развития инженерно-геологических процессов, опирающийся на риск-анализ и мониторинг, рекомендации к разработке проектной документации и управлению ИПТС (рисунок).

Кирилло-Белозерский музей-заповедник представляет собой сложно построенный историко-архитектурный комплекс (53 памятника архитектуры), располагающийся на берегу Сиверского озера на площади более 9 га. Проект современной комплексной реставрации всего комплекса находится в стадии подготовки, поэтому применение концепции приобретает особую актуальность.

Кирилло-Белозерский музей-заповедник расположены в краевой зоне валдайского оледенения, что предопределяет сложность геоморфологического и геологического строения территории. На территории монастыря развит сложный комплекс четвертичных отложений. В геологическом строении территории на глубину до 15,0 м выделяется 10 стратиграфо-генетических комплексов. [2, 5]

Гидрогеологические условия территории характеризуются наличием первого от поверхности водоносного горизонта, содержащегося во флювиогляциальных и в озёрно-ледниковых песчано-глинистых отложениях, который гидравлически связан с Сиверским озером. Кроме того, отмечается локальное распространение горизонтов болотных вод, вод типа «верховодки» в грунтах культурного слоя, развитие техногенного водоносного горизонта в валунных фундаментах некоторых памятников (Успенский собор, крепостные стены Нового города и др.).

На территории музея-заповедника получили развитие следующие экзогенные геологические и инженерно-геологические процессы, оказывающие влияние на устойчивость памятников: подтопление, заболачивание территории, процесс криогенного пучения грунтов слоя сезонного промерзания, склоновые процессы, влагоперенос из грунтов в стены, процесс деструкции деревянных конструкций в основании фундаментов.

Анализ инженерно-геологических условий показывает, что подсистема «сфера взаимодействия памятников и геологической среды» характеризуется сложной пространственной структурой, определяемой значительной неоднородностью геологического строения, сложными гидрогеологическими условиями, активными проявлениями развития экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов. Развитие процессов в основании приводит к непрекращающимся деформациям в конструкциях памятников (трещины в стенах, разрывы связей, формирование полостей между фундаментом и стенами, переувлажнение кладки и др.). Для прекращения развития деформаций необходимо устранить причины развития процессов.

Для анализа состояния локальной ИПТС наряду с текущей оценкой состояния подсистемы «памятники» был применен

ретроспективный анализ с целью установления истории функционирования и режима функционирования ИПТС, выявления причинно-следственных связей между внешними и внутренними техногенными взаимодействиями и изменений в подсистемах ИПТС. Установлено, что главными ретроспективными техногенными взаимодействиями для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского монастыря являлись:

1) строительно-хозяйственные мероприятия, проводившиеся в 16 и 17 вв. во время возведения крепостных стен Старого и Нового города (организация рельефа, использование поверхностных водотоков для хозяйственных целей);

2) строительство в начале 19 в. Северо-Двинской гидротехнической системы (гидротехнической ИПТС), в состав верхнего бьефа которой вошло Сиверское озеро (уровень воды в озере поднялся на высоту до 1,8 м).

В результате техногенных взаимодействий произошли значительные изменения в подсистеме «сфера взаимодействия», включившие в себя изменения рельефа и высотных отметок поверхности, мощности техногенных грунтов, гидрогеологических условий (положение уровня грунтовых воды, формирование верховодки, техногенных водоносных горизонтов). Появились условия для развития или активизации инженерно-геологических процессов (подтопления, криогенного пучения).

В результате анализа современного состояния ИПТС Кирилло-Белозерского музея-заповедника в целом был определен режим её функционирования как установившийся, квазипериодический, неоптимальный, требующий проведения управляющих мероприятий.

Риск-анализ был основан на типизации подсистемы «сфера взаимодействия», осуществленной на основе схемы инженерно-геологического районирования территории монастыря с учётом степени техногенной изменчивости инженерно-геологических условий. Типизация ставила своей целью выделение участков, которым свойственно развитие одинакового набора ЭГП и ИГП, что конкретизирует характер и границы управляющих взаимодействий, направленных на стабилизацию инженерно-геологических процессов в границах сферы взаимодействия, а также участков, для которых будет возможен одинаковый вид управляющих мероприятий с целью обеспечения стабильного режима функционирования элементарных ИПТС.

Таким образом, использование алгоритма концепции [3] позволило систематизировать и структурировать имеющийся материал по проведённым инженерно-геологическим исследованиям и режимным наблюдениям, оценить состояние и режима функционирования локальной ИПТС, установить парагенез процессов, влияющих на устойчивость памятников. В дальнейшем работа по алгоритму концепции позволит скорректировать проект управляющих мероприятий и системы мониторинга для локальной ИПТС Кирилло-Белозерского музея-заповедника.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 55945-2014. Правила инженерно-геологических изысканий (исследований) для сохранения объектов культурного наследия. М.: Стандартинформ, 2014.
2. Невечеря В.Л., Подборская В.О. Инженерно-геологические и геоэкологические аспекты истории функционирования природно-технической системы монастыря // «Кириллов», краеведческий альманах. III. Вологда: Легия, 1998. С. 132–140.
3. Пендин В.В., Бабанаква С.А. Концепция раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов // Известие вузов. Геология и разведка. 2002. № 5. С. 42–52.
4. Пендин В.В., Заботкина Л.В., Подборская В.О. Предложения по классификации исторических природно-технических систем // Известие вузов. Геология и разведка. 2012. №3. С. 56–62.
5. Пендин В.В., Подборская В.О., Дубина Т.П. Применение основных положений концепции раннего предупреждения развития негативных инженерно-геологических процессов для сохранения памятников архитектуры (на примере Успенского собора в Кирилло-Белозерском музее-заповеднике) // ГеоРиск. 2010. № 4. С. 4–15.