

## ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ НЕДР

гидрогеологическим условиям являются недостаточно защищенными от поверхностного загрязнения. Слабая защищенность подземных вод требует строжайшего соблюдения санитарных правил и норм по размещению планируемых объектов, правил по их сооружению и эксплуатации.

Таким образом установлены общие проблемы эксплуатации Томского водозабора, которые приводят к негативным последствиям в виде процессов и явлений, протекающих, часто необратимо, в сторону ухудшения практически всех составных частей окружающей среды.

### Литература

1. Зиновьева В.П., Порядина А.Ф. От чистого истока. Век томского водопровода. Томск: ГАЛАПресс, 2005 г. - 304 с.
2. Зуев В.А., Картавых О.В., Шварцев С.Л. Обской вестник: научно-практический журнал / Комитет России по водному хозяйству; Сибирское соглашение; Обской бассейновый совет; Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт водных и экологических проблем (ИВЭП); Водоканал Барнаула; Ноосфера. - 1999. - № 3/4. - С. 137.
3. Попов В.К., Корбкин В.А., Рогов Г.М., Лукашевич О.Д. и др. Формирование и эксплуатация подземных вод Обь-Томского междуречья. Томск. Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2002г. - 143 с.
4. Попов В.К., Лукашевич О.Д., Корбкин В.А., Золотарева В.В., Галямов Ю.Ю. Эколого-экономические аспекты эксплуатации подземных вод Обь-Томского междуречья. Томск. Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2003. - 174 с.
5. Лукашевич О.Д., Мударисова Г.Р. Обь-Томское междуречье: сохранять нельзя использовать // Материалы IX Международной конференции «Реки Сибири и Дальнего Востока» (гг. Иркутск, Байкальск; 10-12 ноября 2015 г.). Иркутск: ИРОО «Байкальская Экологическая Волна», 2015. – 165 с.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЛЮЧЕВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ В БОРТАХ КАРЬЕРА.

Е.Г. Прянишников

Научный руководитель профессор В.Е. Ольховатенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет,  
г. Томск, Россия

Ключевское золоторудное месторождение является одним из крупнейших, разработка которого ведется открытым способом. К настоящему времени глубина действующего карьера достигла 160 м. В ближайшие годы планируется увеличение добычи руды за счет расширения и углубления карьера. На конечный период отработки карьера его глубина составит 475 м. Для обоснования проекта разработки месторождения на больших глубинах потребовалось проведение специальных инженерно-геологических исследований. В процессе исследований были детально изучены физико-механические свойства пород, обобщенные характеристики которых приводятся в таблице 1.

По данным геолого-разведочных работ Ключевское золоторудное месторождение является составной частью одноименного рудного поля, сложенного преимущественно интрузивно-субвулканическими и жильными образованиями юрского возраста: гранитами и гранодиоритами первой фазы амананского комплекса, прорванными штоками гранодиорит-порфиров амуджикано-сретенского комплекса и дайками диоритовых порфиров, гибридных порфиров.

В разрезе Ключевского месторождения выделено 11 инженерно-геологических типов пород.

*Гранит среднезернистый калишпатизированный* пользуется довольно широким распространением и имеют мощность от 0,5 до 125,3 м. Средняя плотность пород составляет – 2,59 г/см<sup>3</sup>. Среднее значение угла внутреннего трения 34°, а удельного сцепления 10,5 МПа.

*Гранит среднезернистый биотит-роговообманковый калишпатизированный.* Характеризуется близкими значениями физических свойств с описанными выше гранитами, имея среднюю плотность 2,59 г/см<sup>3</sup>, предел прочности на одноосное сжатие – 43,07 МПа, растяжение – 6,02 МПа, угол внутреннего трения – 37°, удельное сцепление – 7,5 МПа.

*Гранит среднезернистый аргиллизированный* по своим физическим свойствам мало отличается от предыдущих типов пород. Так, плотность составляет 2,59 г/см<sup>3</sup>, угол внутреннего трения - 36 °, а удельное сцепление - 9,25 МПа.

*Гранит среднезернистый хлоритизированный* имеет более высокое значение плотности по сравнению с другими типами пород, которая в среднем составляет 2,64 г/см<sup>3</sup>. Предел прочности на одноосное сжатие составляет 43,21 МПа, угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление 11,0 МПа.

*Гранодиорит-порфир мелкозернистый* самые высокие прочностные показатели. Так предел прочности на сжатие составляет в среднем 60,18 МПа, на растяжение 11,40 МПа, а удельное сцепление 16,88 МПа.

*Гранодиорит-порфир мелкозернистый аргиллизированный* отличается более низкими значениями предела прочности на одноосное сжатие (28,17 МПа) и удельного сцепления (8,0 МПа). Угол внутреннего трения составляет в среднем 32°.

*Порфир мелкозернистый гибридный* характеризуется следующими показателями: предел прочности на сжатие - 44,32 МПа, угол внутреннего трения - 34°, а удельное сцепление – 13,67 МПа.

*Микродиорит мелкозернистый* обладает довольно высокой прочностью, имея предел прочности на одноосное сжатие 77,85 МПа, предел прочности на растяжение – 16,47 МПа, угол внутреннего трения – 32°, а удельное сцепление – 22,5 МПа.

*Аргиллизит по среднезернистому граниту* обладает самой низкой плотностью (2,52 г/см<sup>3</sup>), и прочностью. Так, предел прочности на одноосное сжатие составляет 22,15 МПа; на растяжение – 5,29 МПа. Как следствие низкими оказались угол внутреннего трения 31° и удельное сцепление 6,75 МПа.

*Брекчия эруптивная*. Имеет среднее значение предела прочности на сжатие 47,0 МПа, растяжение 9,85 МПа, угла внутреннего трения 33°, удельного сцепления 13,0 МПа.

*Березит* пользуется в разрезе незначительным распространением и имеет низкие значения прочностных характеристик. Так предел прочности на одноосное сжатие составляет 32,9 МПа, растяжение 6,28 МПа, угол внутреннего трения 34°, удельное сцепление 9 МПа.

Таблица 1

| Инженерно-геологические типы пород                      | Физико-механические свойства пород      |               |   |  |                               |                         |
|---|---|---------------|---|--|-------------------------------|-------------------------|
|   | Плотность, $\rho_0$ , г/см <sup>3</sup> | Пористость, % | предел прочности на сжатие, $\sigma_{ск}$ , МПа | предел прочности на растяжение, $\sigma_p$ , МПа | Угол внутреннего трения, град | Удельное сцепление, МПа |
| Гранит ср/з. калишпатизированный                        | 2,59                                    | 6,10          | 38,58   | 7,82   | 34                            | 10,5                    |
| Гранит ср/з биотит-роговообманковый калишпатизированный | 2,59                                    | 5,96          | 43,07   | 6,02   | 37                            | 7,50                    |
| Гранит ср/з аргиллизированный                           | 2,59                                    | 6,03          | 34,60   | 6,46   | 36                            | 9,25                    |
| Гранит ср/з хлоритизированный                           | 2,64                                    | 6,78          | 43,21   | 7,97   | 34                            | 11,00                   |
| Гранодиорит-порфир м/з                                  | 2,63                                    | 3,82          | 60,18   | 11,40  | 33                            | 16,88                   |
| Гранодиорит-порфир м/з аргиллизированный                | 2,65                                    | 4,89          | 28,17   | 5,96   | 32                            | 8,00                    |
| Порфир м/з гибридный                                    | 2,65                                    | 4,44          | 44,32   | 8,66   | 34                            | 13,67                   |
| Микродиорит м/з   | 2,69                                    | 7,16          | 77,85   | 16,47  | 32                            | 22,5                    |
| Аргиллизит по ср/з граниту                              | 2,52                                    | 8,42          | 22,15   | 5,29   | 31                            | 6,75                    |
| Брекчия эруптивная                                      | 2,58                                    | 7,71          | 47,00   | 9,85   | 33                            | 13,00                   |
| Березиты  | 2,63                                    | 4,04          | 32,9  | 6,28   | 34                            | 9                       |

Из приведенной характеристики физико-механических свойств пород Ключевского золоторудного месторождения можно сделать вывод, что наиболее устойчивыми в бортах карьеров окажутся мелкозернистые гранодиорит-порфиры и микродиориты. Менее устойчивыми будут аргиллизиты по среднезернистому граниту и гранодиорит-порфиры мелкозернистые аргиллизированные.

Расчеты устойчивости бортов карьера выполнены с использованием метода логарифмической спирали при наименьших благоприятных сочетаниях силовых воздействий, которые будут определять наиболее опасное напряженное состояние грунтового массива [1,2]. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2

| Профиль            | Глубина карьера, м | Состояние бортов карьера |      |                                     |     |                 |      | Рекомендуемый угол наклона борта, град |
|--------------------|--------------------|--------------------------|------|-------------------------------------|-----|-----------------|------|--|
|                    |                    | Устойчивое               |      | Предельно-напряженное (критическое) |     | Неустойчивое    |      |  |
|                    |                    | $\alpha$ , град          | Kst  | $\alpha$ , град                     | Kst | $\alpha$ , град | Kst  |  |
| 600                | 440                | 50                       | 1,21 | 60                                  | 1,0 | >60             | <1,0 | 50                                     |
| 700                | 450                | 45                       | 1,24 | 55                                  | 1,0 | >55             | <1,0 | 46                                     |
| Продольный профиль | 475                | 40                       | 1,35 | 53                                  | 1,0 | >53             | <1,0 | 44                                     |

Из приведенных данных видно, что полученные расчетом коэффициенты устойчивости с использованием результатов изучения физико-механических свойств пород превышают нормативные значения.

При этом с обеспеченной устойчивостью будут борта карьера с параметрами:  $\alpha = 50^\circ$ ,  $H = 440$  м (профиль 600);  $\alpha = 45^\circ$ ,  $H = 450$  м (профиль 700);  $\alpha = 40^\circ$ ,  $H = 475$  м (продольный профиль).

Предельно-напряженное (критическое) состояние бортов будет наблюдаться при углах наклона  $\alpha = 60^\circ$  (профиль 600);  $\alpha = 55^\circ$  (профиль 700) и  $\alpha = 53^\circ$  (продольный профиль). Коэффициент устойчивости в данном случае равен 1,0.

Неустойчивыми окажутся борта карьера, если углы наклона будут превышать критические значения, а коэффициент устойчивости окажется меньше 1,0. Рекомендуемые углы наклона бортов приведены в таблице 2.

С целью исключения нарушения динамического равновесия в эксплуатации природно-технической системы при разработке открытым способом Ключевского золоторудного месторождения необходимо организовать мониторинг за напряженно-деформированным состоянием горных пород в бортах карьера и развитием опасных геологических процессов.

#### Литература

1. Дашко Р.Э. Механика горных пород. - М.: Недра, 1987. - 264 с.
2. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов/ ПНИИИС Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1984. - 85 с.

### ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КЛИМАТА ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД ДЛЯ ПРОГНОЗА ИНФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Д.В. Пургина

*Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

При оценке водопритоков в горные выработки, решающее влияние на результаты прогноза имеют граничные условия, основанные на определении таких количественных показателей как уровни и расходы рек, инфильтрационное питание и условия разгрузки подземных вод. Количественная оценка этих параметров связана с появлением погрешности схематизации на внешних и внутренних границах области фильтрации. Одной из важнейших составляющих приходной статей водного баланса в зоне интенсивного водообмена, является оценка характеристик питания подземных вод, которые формируется преимущественно путем инфильтрации атмосферных осадков. Попытка пренебречь данными об инфильтрационном питании способна резко исказить результаты прогнозных оценок водопритоков в сотону неоправданного их занижения, внося высокую погрешность (т.к. не учитываются дополнительные притоки за счет инфильтрации). Это может привести к катастрофическим последствиям при разработке месторождений полезных ископаемых за счёт превышения фактического водопритока по сравнению с его расчётной величиной. Другая задача практической гидрогеологии, связанная с подсчетом запасов подземных вод (ЗПВ), также существенно зависит от корректности описания граничных условий. Количественная оценка влияния инфильтрационного питания часто не включается в гидродинамические расчёты, а учитывается через оценку среднегодовых значений уровней подземных вод, что не является критичным в регионах гумидного, вследствие наличия крупных месторождений подземных вод (МПВ).

Исследование связано с необходимостью повышения достоверности прогнозов водопритоков в подземные горные выработки при разработке угольных месторождений.

Цель исследования заключается в статистической обработке климатических данных за последние 60 лет (данные по атмосферным осадкам и температуре воздуха), анализе полученных результатов, оценка и обосновании интенсивности инфильтрационного питания водоносных горизонтов.

Для исследования величины возможных метеорологических изменений материалом послужили специализированные электронные базы данных, как среднемесячных, так и срочных наблюдений за температурой воздуха и количеством атмосферных осадков. Информационный массив обработан по метеостанции с. Кедровка (Кемерово) за период с 1955 по 2015 гг. Он получен из Всероссийского Научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мировой Центр Данных (ВНИИГМИ-МЦД) [1, 2], литературных источников и фондовых материалов.

При анализе элементов климата для выявления их закономерностей статистического распределения был использован критерий Питмена. Проверка гипотезы случайности рассматриваемой величины или функции является неотъемлемым этапом статистического анализа. Сущность проверки заключается в выяснении вопроса, является ли изменение данной величины случайным или закономерным, связанным с каким-либо постоянно действующим фактором.

Сущность проверки заключается в выявлении причин изменения анализируемых параметров, которые могут объясняться случайными отклонениями или проявлением закономерных факторов, связанных с глобальными процессами изменения климата.

Для этого используются критерии, основанные на сравнении свойств исследуемого процесса со свойствами