

Оценивая полученные экспериментальные результаты необходимо отметить, что наибольший процент выхода из строя долот, по причине разрушения PDC, происходит из-за поломки PDC, отрыва пластины PDC, а также сколы по передней и задней грани. Причиной этих аварий является наличие забойной вибрации.

Наработка буровых долот, армированных PDC зависит в основном от износа и поломок режущих элементов. Износостойкость PDC в 50–100 раз превышает износостойкость резов из вольфрамокобальтовых твердых сплавов. Но на каждой из отработанных долот количество изношенных и поломанных режущих элементов примерно одинаково. Поэтому выяснение причин поломки PDC на буровых долотах задача актуальная. Так, например, предел прочности на сжатие пород V–VI категории по буримости равен $\sigma_{сж}^n = 95 - 98$ МПа, а у твердого сплава ВК-8 $\sigma_{сж}^n = 4500 - 4600$ МПа, т.е. в 45–50 раз выше, чем у породы.

Опыт работы на месторождениях ОАО «Алроса» позволяет утверждать, что вибрации долота зачастую являются основной причиной ускоренного износа резов PDC. На долото могут действовать различные типы вибраций, но крутильная и осевая (эффект пружины) вибрации встречаются наиболее часто. Эффектом пружины называется замедление вращения долота при контакте с горной породой от трения, ведущее к остановке вращения. При этом энергия вращения продолжает поступать на долото от бурового станка через буровые трубы, пока она не преодолеет силу трения. Тогда колонковый снаряд начинает раскручиваться с ускорением, превышающим в два и более раза номинальную скорость вращения.

Так же, как и при поперечной вибрации это увеличивает ударную нагрузку на PDC, приводящую к их поломке (рис. 2), более интенсивному износу (рис. 3).

Оценивая вышеизложенное, и с учетом опыта отработки буровых долот, армированных PDC, необходи-

мо отметить, что основными причинами вибраций при бурении горных пород VI–VIII категории по буримости являются:

1. Неверно подобранная конструкция низа буровой колонны.
2. Не рационально подобранные технологические параметры (нагрузка, частота вращения, количество и качество промывочной жидкости).
3. Применение бурового раствора без необходимой смазывающей способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Вопияков, В.А.* Возникновение автоколебаний буровой колонны — критерии износа шарошечных долот / В.А. Вопияков, С.А. Пошташ, П.И. Колесников // Бурение. — 1974. — № 3. — С. 23–25.
2. *Третьяк, А.А.* Лабораторные исследования поломок режущих элементов буровых долот, армированных алмазно-твердосплавными пластинами / А.А. Третьяк, Ю.Ф. Литкевич, А.Н. Гроссу, К.А. Борисов // Деловой журнал Neftegaz.ru. — 2018. — № 7. — С. 50–54.
3. *Третьяк, А.А.* Инновационные подходы к конструированию высокоэффективного породоразрушающего инструмента / А.А. Третьяк, В.В. Попов, А.Н. Гроссу, К.А. Борисов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 8. — С. 225–230.
4. *Третьяк, А.А.* Определение поломок резов PDC с помощью регрессионного и нейросетевого моделирования / А.А. Третьяк, А.В. Кузнецова, К.А. Борисов // Изв. Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2019. — Т. 330. — № 5. — С. 169–177.
5. *Третьяк, А.А.* Биополимерный высокоингибирующий буровой раствор для сооружения наклонно-направленных и горизонтальных скважин / А.А. Третьяк, Ю.М. Рыбальченко, М.Л. Бурда, С.А. Онофриенко // Время колтыбинга. Время ГПП. — 2011. — № 2–3. — С. 66–74.
6. *Soares, C.* Evaluation of PDC bit ROP models and the effect of rock strength on model coefficients (2016) / C. Soares, H. Daigle, K. Gray // Journal of Natural Gas Science and Engineering. — 2016. — 34. — pp. 1225–1236. DOI: 10.1016/j.jngse.2016.08.012.

© Борисов К.А., Третьяк А.А., Сидорова Е.В., 2019

Борисов Константин Андреевич // 13020165@mail.ru
Третьяк Александр Александрович // 13050465@mail.ru
Сидорова Елена Владимировна // 13050465@mail.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

УДК 556.3.02

Аликин Э.А. (Пермский государственный национальный исследовательский университет)

МОНИТОРИНГ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ — ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

В статье изложены основные вехи формирования нормативно-методических документов в сфере охраны недр и их реализации как основы рационального недропользования. Творческое использование системного подхода к изучению воздействия разнообразных техногенных объектов на геологическую среду (ГС) позволили разрабо-

*тать принципы методологии решения прямых и обратных задач управления эксплуатацией разнообразными геолого-техническими комплексами (ГТК), обеспечивающими их безаварийное функционирование в пределах расчетного периода. **Ключевые слова:** охрана недр, рациональное недропользование, геологическая среда.*

Alikin E.A. (Perm State National Research University)
GEOLOGICAL ENVIRONMENT MONITORING —
YESTERDAY, TODAY, TOMORROW

The article describes the main milestones in the formation of regulatory and methodological documents in the field of subsoil protection and their implementation as the basis for ratio-

nal subsoil use. The creative use of a systematic approach to the study of the impact of various man-made objects on the geological environment allowed us to develop the principles of methodology for solving direct and inverse problems of management of various geological and technical complexes, ensuring their trouble-free operation within the estimated time.

Keywords: *protection of mineral resources, rational use of mineral resources, geological environment.*

В период Великой Отечественной войны (1941–1945) и последующего восстановления народного хозяйства приоритетная роль отводилась интенсивному развитию минерально-сырьевой базы промышленности. Внешние факторы (холодная война) и жесткие временные рамки (гонка вооружений) не позволяли в должной мере разработать и реализовать комплекс мер по охране окружающей среды. Негативные воздействия на геологическую среду (загрязнение подземных вод, усиление проявлений геологических процессов) потребовали в конце 1960-х годов приступить к разработке мероприятий, обеспечивающих ее охрану.

1. Мониторинг геологической среды (МГС) — вчера

Планомерные работы начались в 1961 г. на основании приказа Министерства геологии СССР о формировании региональных структурных подразделений Мингео в форме комплексных гидрогеологических и инженерно-геологических партий. Их целью являлось изучение в основном естественного режима подземных вод и проявления различных экзогенных (ЭГП) и эндогенных (ЭнГП) геологических процессов, а также выявление и масштаб геоэкологических процессов, вызванных интенсивным антропогенным воздействием на ГС. Основными задачами функционирования комплексных партий являлись:

- организация наблюдательной сети для выявления режимобразующих и режимформирующих факторов естественного режима подземных вод по всему спектру физико-географических особенностей и геолого-гидрогеологических условий территории СССР;

- гидрогеологическое обследование разрабатываемых месторождений полезных ископаемых (МПИ) с целью выявления негативных факторов воздействия на ГС;

- регламентное инженерно-геологическое обследование проявления ЭГП с целью установления их тренда во времени и организации наблюдательной сети на участках интенсификации проявления оползней, селей, карста, суффозии, переработки берегов водохранилищ.

В соответствии с приказом разработчиком методологии мониторинга (обоснование структуры наблюдательной сети и регламента наблюдений), а также куратором его проведения являлся Всесоюзный институт гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО).

Итоги более чем 30-летней деятельности (1961–1994) этих партий заключались в следующем:

- организована функционирующая государственная наблюдательная сеть за режимом подземных вод

на всей территории СССР, состоящая из наблюдательных скважин, реперов, стационаров (гидрогеологических станций и балансовых участков);

- систематические наблюдения позволили изучить особенности естественного режима подземных вод и разработать его классификацию с учетом особенности его формирования в различных физико-географических условиях (Ковалевский В.С.). Это позволило обосновать методику прогноза уровня режима подземных вод;

- выявлены и изучены условия формирования участков интенсивного развития ЭГП и разработаны рекомендации по минимизации их негативных геоэкологических последствий;

- следует признать недостаточно эффективным метод гидрогеологического обследования разрабатываемых МПИ, поскольку он позволяет фиксировать только следствия (негативные воздействия), а не причины: необходим был анализ материалов обследования для выявления причинно-следственных связей параметров технологии разработки МПИ с естественными геолого-гидрогеологическими условиями участка недр;

- отсутствие конкретных причинно-следственных связей препятствовало возможности превентивного устранения негативного воздействия разработки МПИ на ГС.

В целом поставленная цель и задачи этого периода представляются выполненными, а имеющиеся недостатки являются проявлениями сложности решаемых проблем.

2. Мониторинг геологической среды — сегодня

Анализ результатов работ предшествующего периода позволил определить основной недостаток методики гидрогеологического обследования объектов техногенного воздействия на геологическую среду, а именно — борьба велась не с причинами негативного воздействия, а их следствиями.

Смена парадигмы взглядов на охрану геологической среды выразилась в концепции, которая была изложена в приказе комитета Российской Федерации по геологии и использованию недр от 11.07.1994 «Об организации службы государственного мониторинга геологической среды (ГМГС)» [2]. Организационные преобразования сопровождались ломкой методических стереотипов, а именно — главным стало не выявление участков негативного воздействия на ГС и другие, а предотвращение их возникновения.

Приказом установлены следующие цели и задачи ГМГС:

- информационное обеспечение управления государственным фондом недр в части обоснования рационального использования и охраны геологической среды; наблюдения за состоянием геологической среды должны проводиться для получения данных, характеризующих:

- состояние подземных вод, ЭГП и ЭнГП;

- загрязнение горных пород вредными химическими и радиоактивными компонентами;

- геофизические поля;
- МПИ.

Для функционирования ГМГС вышеуказанным приказом (прил. № 3) предложена организационная структура, состоящая из территориальных центров ГМГС, образуемых территориальными геологическими комитетами по согласованию с управлением гидрогеологии и геоэкологии Роскомнедра.

Основными задачами предусматривались: ведение государственного мониторинга геологической среды, информационное обеспечение системы ГМГС на федеральном уровне, территориальных органов государственной власти, недропользователей, населения.

Для реализации возложенных задач территориальный центр ГМГС выполняет следующие основные функции:

- производит сбор, накопление, обобщение и анализ информации о состоянии ГС, обобщает и анализирует данные, осуществляет оценку и прогноз состояния геологической среды, разрабатывает рекомендации для эффективного управления ее использованием;
- на территориальном уровне ведет базы данных ГМГС, включая раздел «Подземные воды», учет эксплуатационных запасов подземных вод и их использование;
- осуществляет контроль за охраной подземных вод от истощения и загрязнения;
- представляет на федеральный уровень в установленные сроки отчет о состоянии геологической среды в соответствии с нормативными документами;
- участвует в экспертизе геоэкологического обоснования строительства, реконструкции и эксплуатации народнохозяйственных объектов территориально-геологического значения в части ГМГС;
- участвует в рассмотрении условий лицензии на пользование недрами в части МГС и осуществляет контроль деятельности предприятий по выполнению условий пользования недрами, определяемых в лицензии, в части технологии МГС;
- виды, объемы, методика и результаты выполненных работ, рекомендации по их эффективности должны излагаться в ежегодных геологических отчетах по состоянию ГМГС.

Учитывая изменения государственного строя в стране, предложено реорганизовать наблюдательную сеть на: федеральную, территориальную и объектную; финансирование их функционирования вести соответственно из федерального, субъектного (областного или краевого) бюджета, а объектного за счет средств собственника объекта недропользования.

Разработанная организационная структура ГМГС полностью отвечала целям и задачам природоохранной деятельности в целом и охраны ГС в частности. Она могла являться своевременной и надежной базой формирования объективных критериев условий возможности внедрения различных техногенных объектов в ГС, обеспечивающих как безаварийную эксплуатацию технического объекта, так и параметров воздействия его на ГС с учетом геоэкологических ограничений.

За истекший период (1994–2019) в функционировании ГМГС следует выделять два периода: первый — 1994–2007 гг., второй — 2008–2019 гг.

Первый период характеризуется: реорганизацией ГМГС (организационной и структурной) с формированием организационной структуры центров, разработкой и реализацией методики мониторинга ГС на участках техногенного воздействия [1].

Характеризуя состояние ГМГС в первый период, следует отметить следующее:

1. Смена парадигмы МГС с выявления на предотвращение негативного воздействия разнообразных техногенных объектов на ГС в рамках выдвинутых приказом целей и задач ГМГС требовала:

- разработки нормативно-методических документов, обеспечивающих правовую базу их выполнения;
- формирование в вузах и техникумах программ обучения студентов соответствующего профиля;
- организации курсов повышения квалификации по переподготовке кадров, выполняющих МГС.

2. К сожалению, эти обеспечительные меры были не выполнены, что привело к следующим негативным последствиям:

- проектирование и реализация объектной наблюдательной сети выполнялась зачастую методом проб и ошибок фактически на формализованной основе, не учитывающей конкретные геолого-гидрогеологические особенности участка ГС и технологии функционирования техногенного объекта;
- недостаточный профессиональный уровень специалистов, обеспечивающих функционирование ГМГС, не позволял соответствующим образом выполнить анализ полученной информации и принимать обоснованные рациональные решения, направленные на минимализацию негативных последствий воздействия техногенных объектов на ГС.

Второй период современного этапа кардинально отличается от первого, поскольку система ГМГС, по мнению автора, деградировала на статусном, функциональном и методологическом уровнях.

Не вдаваясь в мотивы деградации ГМГС, следует остановиться на ее результатах:

1. Министерство природных ресурсов и экологии РФ в период с 2007 по 2013 г. разработало, а Росстат утвердил формы отчетности для предприятий, получающих лицензии на добычу полезных ископаемых: ЛС-1 (нефть), ЛС-2 (твердые полезные ископаемые), ЛС-3 (минеральные воды), ЛС-4 (пресные подземные воды). Это формы ежегодной отчетности по выполнению природоохранных мероприятий, включенных в лицензионные соглашения. Эти нововведения негативно отразились на базовом (объектном) мониторинге, резко сократив наблюдательную сеть, виды, регламент наблюдений и опробования. Сокращение информации (таблицы с результатами химических анализов подземных вод) вместо ежегодных отчетов с аналитическими выкладками и графическими приложениями, ежегодная отчетность по формам ЛС-1, 2, 3, 4 превратилась в формальность, поэтому состояние

окружающей природной среды, в том числе геологической, в пределах эксплуатируемых МТПИ, существенно ухудшилось [3].

2. Основные задачи и права территориальных центров ГМГС переданы федеральному центру ГМГС, территориальному управлению Росприроднадзора, территориальному фонду геологической информации, т.е. территориальные центры лишили своих основных функций, что вызвало резкое сокращение численности их составов в 2–3 раза.

3. Федеральный центр ГМГС с возникновением ФГУ Росприроднадзора утратил часть своих функций, а с расформированием управления гидрогеологии Минприроды — по существу и контроля, что привело к разбалансировке системы ГМГС в целом и потери управления и контроля его деятельности.

Обобщая вышесказанное, следует констатировать, что существующая система ГМГС, по оценочному суждению автора, восстановлению не подлежит. Ее следует создавать заново на совсем иной методологической, информационной и организационной основе.

3. Мониторинг геологической среды — завтра

3.1. Концепция МГС

Возрастающая цивилизационная роль ГС сопряжена с проявлением негативных техногенных факторов, определяющих нарушение естественного режима недр, осваиваемых человеком. Следовательно, парадигмой МГС на данном этапе становится выявление оптимальных факторов перевода участков недр с низшего уровня организации (естественного) на более сложный (гибридный), с формированием специфических объектов, представляющих собой участки инженерного воздействия на геологическую среду (ГТК).

С позиции системного подхода структура такого участка складывается из элементов геологического, техногенного и интеллектуального происхождения, которые объединены специфическим образом. Для того, чтобы обеспечить его функционирование (эксплуатацию ГТК) нужно применить или изменить его естественные свойства, т.е. так организовать «естественное», чтобы получить заданные характеристики «искусственного» (удовлетворение потребности в минеральном сырье, безаварийная эксплуатация ГТК с учетом природоохранных ограничений).

Сложность ГТК как системы находит свое отражение в способе ее реализации — системном моделировании, ядром которого является базовая система ГТК, включающая изучение во взаимосвязи трех компонентов: геологической, технической и управленческой. Следует различать прямую и обратную задачи управления. В прямой задаче требуется по заданному управлению (технологии функционирования технической компоненты) спрогнозировать режим эксплуатации ГТК в зависимости от конкретных геолого-гидрогеологических условий с расчетом численных значений параметров. Это позволяет сравнивать их с критическими регламентируемыми значениями (ПДК) и при превышении последних внести коррективы в управление функционированием ГТК.

В обратной задаче требуется найти оптимальное управление ГТК, обеспечивающее выполнение его функций, при условии соблюдения параметров эксплуатации, не превышающих их критических величин (для эксплуатации месторождений подземных вод — $\Delta S_p \leq S_{\text{доп}}$, для эксплуатации полигонов захоронения вредных жидких отходов в глубокие водоносные горизонты — $\Delta P_p \leq P_{\text{доп}}$, где:

S_p и $S_{\text{доп}}$ — понижение уровня подземных вод — расчетное и допустимое; P_p и $P_{\text{доп}}$ — повышение пластового давления в кровле пласта-коллектора — расчетное и допустимое.

3.2. Методология решения прогнозных задач

При выполнении прогнозов ставится, как правило, одна из двух целей:

— прогноз результатов воздействия реальных техногенных факторов на ГС и сопоставление их с ПДК и природоохранными ограничениями;

— безаварийная эксплуатация ГТК в пределах расчетного срока его функционирования.

Основным методологическим принципом решения прогнозных задач является системный подход, основные задачи которого — анализ, конструирование и управление функционированием любых объектов, в том числе и ГТК, которые следует рассматривать как системы.

В общей теории систем сформулирован закон, который гласит, что о любом уровне иерархической организации системы можно узнать столько, сколько позволяет имеющееся знание о двух соседних уровнях — более высоком и более низком. Этот закон носит название принципа блокировки.

Применительно к системе ГТК низшим уровнем организации системы является естественный режим участка недр, высшим — техногенной режим эксплуатации ГТК. Изучаемый гибридный (промежуточный) уровень характеризуется разработкой методики перевода ГТК из естественного состояния в режим его эксплуатации и обоснование численных значений параметров техногенного режима, обеспечивающих безаварийное функционирование ГТК в течение расчетного периода его эксплуатации.

Учитывая взаимосвязь изучаемого ГТК с определенными участками недр, поверхностной гидросферой и атмосферой, а также возможность трансформации естественных граничных условий при эксплуатации ГТК, необходимо составление как его природной модели, так и прогнозной модели эксплуатируемого ГТК, которые будут обеспечивать обоснование важнейших параметров эксплуатации ГТК и расчет их критических численных значений.

Разработка предлагаемого варианта решения прогнозных задач базируется на системном подходе, основными принципами которого в данной установке являются:

Использование пяти универсальных подходов, так называемой «большой Пятерки» к изучению ГТК как системы: (таксономии — пространственного положения в недрах и предшествующая степень изученности;

внутреннего строения — форма, состав и свойства подсистем и элементов; внешних связей с сопредельными системами, внутреннего функционирования, обеспечивающего условия формирования техногенного режима эксплуатации ГТК, генезиса технической компоненты ГТК и технология его функционирования.

Иерархичность ГТК как системы: от ГТК в естественных условиях (участок недр) до ГТК в условиях его эксплуатации.

Критические значения параметров эксплуатации ГТК, являющиеся по существу его эмерджентным свойством как системы, достоверность которых определяет степень безопасности эксплуатации ГТК.

3.3 Формирование алгоритма решения концептуальных задач.

Для реализации концепции МГС на завтра предлагается решать прогнозные задачи в следующей последовательности:

Определить факторы формирования техногенного режима ГТК с обоснованием основных эксплуатационных параметров и их численных значений, обеспечивающих безаварийную эксплуатацию ГТК на расчетный период эксплуатации:

— разработать классификацию ГТК: внедренных в участки недр (разрабатываемые месторождения полезных ископаемых, подземный транспорт и захоронение

вредных жидких отходов), влияющих на ГС (складирования ТБО, ГСМ, эксплуатация шламохранилищ и отстойников, объектов водного хозяйства);

— системное моделирование естественного и техногенного режима ГС в зоне гидродинамического и гидрохимического воздействия эксплуатации ГТК.

Обоснование организации наблюдательной сети и режима наблюдения и опробования, учитывающие специфику ГТК.

Разработка нормативно-методических документов, регламентирующих методику мониторинговых исследований и алгоритмы их выполнения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Аликин, Э.А. Некоторые организационные и методические основы функционирования системы мониторинга геологической среды в пределах Верхнекамского солеродного бассейна / Э.А. Аликин / Мониторинг геологической среды на объектах горнодобывающей промышленности: Тезисы докладов Всероссийского совещания. — Березники, 1999. — С. 69–70.
2. Приказ Роскомнедра № 117 от 11.07.1994 г. «Об организации службы государственного мониторинга геологической среды (ГМГС)». — М., 1994.
3. Рыбникова, Л.С. Процессы формирования подземных вод в горнодобывающих районах Среднего Урала на постэксплуатационном этапе: Автореф. дисс... д. геол.-мин. наук / Л.С. Рыбникова. — М., 2019.

© Аликин Э.А., 2019

Аликин Эдуард Александрович // alikin@psu.ru

ОХРАНА НЕДР И ЭКОЛОГИЯ

УДК 553.98:551.763:550.836

Павлова И.В., Домаренко В.А. (Томский политехнический университет), Галактионов В.А., Журавлев В.Г. (АО «Эльконский ГМК», Москва)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ БУДУЩЕГО ЭЛЬКОНСКОГО ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА (АЛДАНСКИЙ ЦИТ, РЕСПУБЛИКА САХА (ЯКУТИЯ))

Актуальность исследований. Актуальность исследований обусловлена необходимостью существенной корректировки природоохранной деятельности на горнодобывающих производствах ядерно-топливного цикла, основанной на оценке воздействия на окружающую среду и особенно прогноза радиоэкологической обстановки. Освоение урановых месторождений обладает определенной спецификой, заключающейся в особенностях полезного компонента и горно-геотехнологических способах его отработки, что требует особой системы горно-экологического мониторинга окружающей среды с целью прогнозирования и корректировки природоохранной деятельности. **Цель исследований:** прогнозирование опасных радиоэкологических

последствий при эксплуатации золото-урановых объектов Эльконского рудного района и разработка комплекса мер по организации геоэкологических исследований для контроля за уровнем техногенной нагрузки, состоянием природных объектов, а также для своевременной корректировки природоохранных мероприятий при реализации проекта «Эльконский горно-металлургический комбинат» (Республика Саха). **Объекты исследований:** золото-урановые объекты Эльконского урановорудного района (Республика Саха). **Методы исследований** включают в себя анализ и обобщение результатов выполненных ранее собственных и привлеченных теоретических и экспериментальных исследований, а также литературных данных. **Результаты исследований** представлены проведенными радиоэкологическими исследованиями на территории проектируемого горно-металлургического комбината, а также рассмотрены проблемы и методология оценки радиационной обстановки и ранжирования техногенного радионуклидного загрязнения при освоении месторождений Эльконского урановорудного района. **Ключевые слова:** природно-техногенное загрязнение, геоэкологический риск, охрана окружающей среды, золото, уран, месторождение, радиационное воздействие, радиоэкология, горно-экологический мониторинг.