© Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова, 2014

УДК 624.131

Ю.И. Кутепов, Н.А. Кутепова

МЕТОДОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ МАССИВАХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МПИ

Рассмотрены основные положения методологии инженерно-геологических исследований, выполняемых в рамках системы научно-методического обеспечения безопасности при ведении горных работ в водонасыщенных массивах. Освещаются принципы инженерно-геологического анализа экспериментальной информации, выполняемого с целью выявления закономерностей развития гидрогеомеханических процессов под влиянием природных и техногенных факторов и адекватного их учета в математических прогнозах.

Ключевые слова: инженерно-геологические исследования, горные работы, гидрогеомеханические процессы, методы изучения, типизация водонасыщенных пород.

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает мощное преобразующее воздействие на геологическую среду, изменяя рельеф и структуру породных массивов, гидрогеологический режим подземных вод, формируя на земной поверхности новые толщи самых молодых в истории Земли техногенных отложений. Масштабы техногенеза сегодня соизмеримы с результатами геологической деятельности, протекавшей на протяжении многих миллионов лет. Например, за столетний период эксплуатации Анжеро-Судженского месторождения извлечено более 150 млн т угля нарушена толща пород мощностью 800 м на площади 3500 га. В результате дренирования подработанного массива напоры подземных вод были снижены более чем на 500 м. После погашения горных работ в недрах земли оставлено 60 млн м^3 пустот. При открытой разработке МПИ глубины горных выработок на некоторых предприятиях сегодня превышают 500-метровую отметку, годовые объемы извлекаемой горной массы исчисляются миллиардами кубометров, отвалы достигают высоты 150 м, а занимаемые ими площади – тысяч гектаров.

Технологические процессы горнодобывающего производства нарушают равновесие в верхних слоях земной коры, инициируя развитие гидрогеомеханических процессов – деформирование и движение геологической среды вследствие трансформации геофильтрационных и геостатических полей напряжений. Проявляясь в виде опасных горно-геологических явлений, гидрогеомеханические процессы значительно осложняют технологию горного производства, нарушают условия функционирования наземных объектов и экологическую обстановку горнопромышленных районов.

Обеспечение промышленной и экологической безопасности при ведении горных работ в водонасыщенных массивах – проблема сложная и многоплановая, которая решается с привлечением теоретических знаний и методов исследований различных направлений естественных наук. Нами разработана общая концепция системы научно-методического обес-

Структура организации работ и исследований в рамках системы научно-методического обеспечения безопасности при ведении горных работ

печения безопасности горных работ, в которой определены цели, задачи, программы работ и методы исследований, выполняемых в рамках трех направлений (рисунок): 1) изучение породных массивов в сфере влияния горных работ; 2) обоснование технических решений, обеспечивающих промышленную и экологическую безопасность; 3) мониторинг состояния природно-технической системы при ведении горных работ [1].

Роль инженерно-геологических исследований в рамках данной системы состоит в формировании информационной базы для решения гидрогеомеханических задач. Под решением гидрогеомеханических задач мы понимаем определение оптимальных параметров горнотехнических сооружений и прогноз опасных горно-геологических явлений на основе математических расчетов параметров гидродинамического режима подзем-

ных вод и напряженно-деформированного состояния горных пород.

Методология инженерно-геологического изучения гидрогеомеханических процессов выражается следующими положениями.

1. Методика изучения и прогнозирования гидрогеомеханических процессов должны адекватно соответствовать модели (типу) деформационного поведения водонасыщенных пород.

В основе понятия «деформационное поведение» лежит представление о гидрогеомеханической модели, рассматривающее водонасыщенную породу, во-первых, как структурированное минеральное образовании, которое благодаря прочности структурных связей способно воспринимать внешние нагрузки без разрушения, а вследствие дискретности – обладает водопроницаемостью и способностью деформироваться при изменении напряженного состояния, и, во-вторых, как динамическую многофазную систему, в которой энергия взаимодействия между твердыми и жидкими компонентами изменяется в ходе деформирования, что в общем случае определяет непостоянство свойств пород, нелинейность зависимостей «напряжения- деформации», нестационарность развития деформаций во времени.

Вода в гидрогеомеханическом процессе играет многофункциональную роль: как силовой фактор – изменяет напряженное состояние пород, как физико-химический фактор – определяет энергию межфазовых взаимодействий, как реологический фактор – обусловливает длительный характер развития деформаций во времени.

Деформационное поведение – это гидрогеомеханическая характеристика породы, которая на логическом уровне отражает физическую модель трансформирования структурированной многофазной системы с целью ее адаптации в условиях изменившегося наряженного состояния. Деформационное поведение является индивидуальной характеристикой горной породы, которая зависит от ее структурно-механических особенностей (вида структурных связей, механической прочности и дискретности), фазового состава и фазо-физического состояния, соответствующих генезису породы и характеру испытанных ею постгенетических преобразований.

При идентификации фазового состава следует выделять инертные и активные твердые компоненты по их способности к активизации межфазовых взаимодействий при нарушении структуры, изменении физического и напряженного состояния пород, а жидкую субстанцию – разделять на три самостоятельные составляющие, различающиеся функционально по характеру своего участия в гидрогеомеханическом процессе – гидродинамическую (гравитационная вода), консолидационную (вода преимущественно переходных категорий) и граничную (адсорбционно-связанная вода) фазы.

В ходе развития гидрогеомеханических процессов состав, соотношение и характер влияния фаз на закономерности деформирования пород могут изменяться, что характеризует водонасыщенные породы как динамические системы, направленность трансформации которых определяется их фазо-физическим состоянием. В зависимости от уровня реализации межфазовых взаимодействий породы могут иметь стабильное (инвариантное), стабилизированное (возможность развития процессов физико-химического взаимодействия подавлена действием внутренних или внешних сдерживающих факторов) и неустойчивое фазо-физическое состояние.

Механическое или гидродинамическое воздействие вызывает в водо-

А – ПОРОДЫ С ДЕФОРМАЦИОННЫМ ПОВЕДЕНИЕМ СТРУКТУРНОГО ТИПА
Группа А-I. Скальные породы с кристаллизационной и кристаллизационно-цементационной структурой – магматические, метаморфические, а также осадочные породы – известняки хемогенные, известняки и доломиты кремнистые, песчаники и алевролиты с кварцевым и железистым цементом. *Классификационные признаки*: Породы прочные и очень прочные σ_c = 50–350 МПа, неразмягчаемые k_{sof} = 1. Фазовый состав: [ТФ: инертная] + [ЖФ: гидродинамическая]. Фазо-физическое состояние: стабильное. *Методы прогноза:* геофильтрационные и геомеханические расчеты. Модель А-I а: квазисплошная (n = 1–3%), водонепроницаемая; упругая. Параметры: $K_ф \approx 0$; $\sigma_у = 0{,}95\ \sigma_c$; $E = 10^4$–10^6 МПа; μ = 0,11–0,15. Модель А-I б: трещиноватая или трещиновато-блочная, водопроницаемая; упругая лианезированная с упрочнением. Параметры: $K_ф$=0,5–100 м/сут; $\sigma_у \approx 0$; $E^* = 10^3$–10^5 МПа; $E_0{}^* = 10^3$–10^4 МПа; μ = 0,15–0,25. Параметры зависят от степени трещиноватости.
Группа А-II. Скальные породы с цементационной структурой – прочносцементированные осадочные породы с водоустойчивым цементом – песчаники на карбонатном цементе, конгломераты, обломочные известняки, мергели с большим содержанием карбонатов, песчанистые сланцы, алевролиты на карбонатном и кремнистом цементе. *Классификационные признаки* Породы прочные и очень прочные σ_c = 50–150 МПа, практически неразмягчаемые k_{sof} = 0,95–1. Фазовый состав: [ТФ: инертная] + [ЖФ: гидродинамическая]. Фазо-физическое состояние: стабильное. *Методы прогноза:* геофильтрационные и геомеханические расчеты. Модель А-II а: пористая (n = 5–15%), относительно водонепроницаемая; упругая. Параметры: $K_ф < 10^{-3}$ м/сут; $\sigma_у = 0{,}95\ \sigma_c$; E=10^4–10^5 МПа; μ = 0,11–0,15. Модель А-II б: трещиновато-блочно-пористая, водопроницаемая, квазиупругая с упрочнением. Параметры: $K_ф$=0,5–100 м/сут; $\sigma_у \approx 0$; $E^* = 10^3$–10^4 МПа; $E_0{}^* = 10^3$–10^4 МПа; μ = 0,15–0,25. Параметры зависят от степени трещиноватости.
Группа А-III. Полускальные породы с цементационной структурой – сцементированные осадочные породы – крупнопористые органогенные известняки, закарстованные породы, диатомиты и трепелы песчанистые, опоки окремненные, ослабленные выветриванием кристаллические песчаники и алевролиты, гравелиты, а также выветрелые магматические и метаморфические породы коры выветривания. *Классификационные признаки*. Породы средней прочности σ_c = 15–50 МПа, слабо размягчаемые (k_{sof} = 0,75–0,95). Фазовый состав: [ТФ: инертная] + [ЖФ: гидродинамическая]. Фазо-физическое состояние стабильное. *Методы прогноза:* геофильтрационные и геомеханические расчеты. Модель А-III б: трещиновато-пористая (15–50%), водопроницаемая; упруго-пластичная с разупрочнением при $\sigma > \sigma_у$. Параметры: $K_ф$ = 0,5–100 м/сут; $\sigma_у = 0{,}7\ \sigma_c$; $E = 10^3$–10^4 МПа; $E_0 = 10^2$–10^3 МПа; μ = 0,20–0,35. Параметры зависят от степени трещиноватости, пористости, типа и состава цемента.
Группа А-IV. Несцементированные обломочные породы с раздельно-зернистой структурой – пески и легкие супеси, галечники, валунные, щебенистые, раздробленные техногенные скальные породы. *Классификационные признаки*. Породы неразмягчаемые k_{sof} = 1. Фазовый состав: [ТФ: инертная] + [ЖФ: гидродинамическая]. Фазо-физическое состояние: стабильное. *Методы прогноза:* геофильтрационные и геомеханические расчеты. Модель А-IV а: пористая плотного сложения, слабо и средне водопроницаемая, квазиупругая. Ориентировочные параметры: $K_ф$ = 0,01–10 м/сут, E_0 = 30–50 МПа; μ = 0,25; Модель А-IV б: пористая рыхлого сложении (30–40%); хорошо водопроницаемая; квазиупругая. Параметры: $K_ф = n\times(1$–$10)$ м/сут, E_0 = 10–50 МПа; μ = 0,3. Параметры зависят от плотности сложения, гранулометрического состава обломков.

Б – ПОРОДЫ С ДЕФОРМАЦИОННЫМ ПОВЕДЕНИЕМ СТРУКТУРНО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ТИПА

Группа Б-I. Полускальные породы со смешанными структурами (цементационно-коагуляционными, кристаллизационно-коагуляционными) – сцементированные осадочные породы (обломочные и карбонатные), содержащие глинистое вещество – известняки и доломиты глинистые; сланцы песчано-глинистые, глинистые, углисто-глинистые; мергели глинистые; песчаники и алевролиты на слюдисто-карбонатно-глинистом, слюдисто-глинистом и глинистом цементе; аргиллиты.

Классификационные признаки. Породы низкой, пониженной и малой прочности σ_c = 1–15 МПа; слабо размягчаемые в ненарушенном состоянии (k_{sof} = 0,75) и средне размягчаемые при наличии трещиноватости (k_{sof} = 0,5–0,6). Фазовый состав: [ТФ: инертная (преобладает) + активная в составе цемента и породообразующего вещества] + + [ЖФ: гидродинамическая в трещинах (преобладает) + граничная в порах]. Фазо-физическое состояние: стабилизированное при отрицательном консолидационном ресурсе.

Методы прогноза: геофильтрационные, геомеханические и реологические расчеты.

Модель Б-I а: ненарушенная пористая (n = 5–35%), относительно водонепроницаемая; упруго-вязкопластичная. Параметры: $K_ф$<10^{-5} м/сут; $\sigma_у$ = 0,5÷0,9 σ_c; E = 10^3–10^4 МПа; μ = 0,20–0,35; E_0 = 10^2–10^3 МПа.

Модель Б-I б: трещиноватая, водопроницаемая, упруго-вязкопластичная. Параметры: $K_ф$ = 0,1–10 м/сут; $\sigma_у$ = 0,2 0,7 σ_c; E^* = 10^3–10^4 МПа; E_0^* = 10^2–10^3 МПа; μ = 0,3–0,5. Параметры зависят от степени трещиноватости, пористости, влажности, типа и состава цемента, содержания глинистого вещества.

Группа Б-II. Глинистые породы высокой степени литификации со смешанной цементационно-коагуляционной структурой – сцементированные глины и суглинки твердой и полутвердой консистенции (палеозойские, мезозойские, частично эоценовые и палеогеновые).

Классификационные признаки Породы пониженной прочности σ_c = 1–5 МПа, сильно размокаемые (k_{sof} = 0,3–0,6).Фазовый состав: [ТФ: активная в составе породообразующих компонентов (преобладает) + инертная в составе цемента] + [ЖФ: гидродинамическая в трещинах (в ограниченном количестве) + граничная в порах (преобладает)]. Фазо-физическое состояние: стабилизированное при отрицательном консолидационном ресурсе.

Методы прогноза: геофильтрационные, геомеханические и реологические расчеты.

Модель Б-II а: пористая (15–30%), водонепроницаемая; упруго- вязкопластичная. Параметры: $K_ф$<10^{-6} м/сут; $\sigma_у$ = 0,5 0,9 σ_c; E = 10^3–10^4 МПа; E_0 = 10^2–10^3 МПа; μ = 0,20–0,35.

Модель Б-II б: трещиновато-пористая, слабо водопроницаемая; упруго- вязкопластичная. Параметры: $K_ф$ ≈ 10^{-3} м/сут $\sigma_у$ = 0,4÷0,9 σ_c; E^* = 10^2–10^3 МПа; E_0^*=10–10^2 МПа; μ = 0,3–0,5.

Параметры зависят от степени литификации, трещиноватости, физического состояния (пористости, влажности), содержания и вещественного состава цементирующего вещества.

В – ПОРОДЫ С ДЕФОРМАЦИОННЫМ ПОВЕДЕНИЕМ СТРУКТУРНО-ФИЛЬТРАЦИОННО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ТИПА

Группа В-I. слабосцементированные полускальные породы со смешанной цементационно-коагуляционной структурой – макропористые осадочные породы (обломочные и органогенные) – мел, трепелы и диатомиты глинистые, карбонатная мука и др.

Классификационные признаки Породы весьма низкой и пониженной прочности σ_c = 0,1–5,0 МПа, сильно размокаемые (k_{sof} = 0,3–0,5). Фазовый состав: [ТФ: инертная в составе породообразующего вещества (преобладает) + активная в составе цемента] + + [ЖФ: гидродинамическая в трещинном пространстве + консолидационная (преобладает) и связанная фаза – в порах]. Фазо-физическое состояние: стабилизированное при положительном консолидационном ресурсе.

Методы прогноза: геофильтрационные, геомеханические, реологические, консолидационные.

Модель Б-I б: трещиновато-пористая (25–60%), слабо водопроницаемая в ненарушенном состоянии $K_ф$ <0,1 м/сут и водопроницаемая при нарушении структуры $K_ф$ = 0,1–50 м/сут; упруго-пластичная с разупрочнением; консолидационная модель, учитывающая структурную прочность на сжатие и ползучесть минерального скелета: Параметры: $\sigma_у$ = 0,1÷0,5 σ_c; E = 10^2–10^3 МПа; μ = 0,4; E_0 = 10–10^2 МПа; P_c = 0,5–2,5 МПа; I_0 = 0; β ≈ 1; C_V = 0,01–1,0 м^2/сут.

Параметры зависят от пористости, влажности, выраженности цементационных связей, структурной нарушенности.

Группа В-II. Глинистые породы средней и слабой степени литификации со смешанной коагуляционно-цементационной структурой – глины и суглинки различного генезиса, среднеуплотненные, пластичной и полутвердой консистенции.
Классификационные признаки. Породы весьма низкой и низкой прочности σ_c = 0,3–2,5 МПа; сильно размокают при затоплении осушенных массивов (k_{sof} = 0,3–0,5). Фазовый состав: [ТФ: активная в составе породообразующего вещества (преобладает) + инертная в составе цемента] + [ЖФ: консолидационная + граничная (преобладает)]. Фазо-физическое состояние: неустойчиво стабилизированное при положительном ресурсе.
Методы прогноза: консолидационные, геомеханические, реологические (при $I_D < I_0$).
Модель В-II а: пористая (25–60%), относительно водонепроницаемая ($K_ф = 10^{-4}$–10^{-6} м/сут); консолидационная модель, учитывающая структурную прочность на сжатие, наличие начального градиента фильтрации и ползучесть минерального скелета. Параметры: $E = 10$–10^2 МПа; $E_0 = 10$–10^2 МПа; $\mu = 0{,}45$; $P_c = 0{,}05$–$0{,}15$ МПа; $I_0 = 1$–100; $\beta \approx 0{,}1$–$0{,}75$; $C_V = 10^{-3}$–10^{-4} м^2/сут.
Параметры зависят от степени уплотнения, показателей физического состояния (пористости, влажности, консистенции), выраженности цементационных связей (количества фазовых контактов), минерального состава породообразующего вещества.

Г – ПОРОДЫ С ДЕФОРМАЦИОННЫМ ПОВЕДЕНИЕМ ФИЛЬТРАЦИОННО-ПЛАСТИЧЕСКОГО ТИПА

Группа Г-I. Глинистые породы средней и слабой степени литификации с коагуляционной структурой – суглинки и глины различного генезиса, слабо и среднеуплотненные, пластичной и полутвердой консистенции.
Классификационные признаки Породы весьма низкой прочности σ_c = 0,05–0,5 МПа; при затоплении осушенных массивов проявляют слабое и среднее набухание. Фазовый состав: [ТФ: активная] + [ЖФ: консолидационная + связанная (преобладает)]. Фазо-физическое состояние: неустойчивое при ограниченном консолидационном ресурсе.
Методы прогноза: геомеханические, консолидационные, реологические (при $I_D < I_0$).
Модель Г-I а: пористая (25–65%), относительно водонепроницаемая, упруго-эластично-вязкая; консолидационная модель, учитывающая структурную прочность на сжатие, наличие начального градиента фильтрации и ползучесть минерального скелета. Параметры: $K_ф = 10^{-4}$–10^{-6} м/сут; $E = 1$–50 МПа; $\mu = 0{,}5$; $E_0 = 0{,}1$–10 МПа; $P_c = 0{,}01$–$0{,}1$ МПа; $I_0 = 1$–100; $\beta \approx 0{,}1$–$0{,}75$; $C_V = 10^{-3}$–10^{-4} м^2/сут.
Параметры зависят от степени уплотнения, показателей физического состояния (пористости, влажности, консистенции), минералогического состава породообразующего вещества.

Группа Г-II. Глинистые породы слабой степени литификации с коагуляционной структурой – современные текучие илы, слабоуплотненные четвертичные и техногенные глины, суглинки и тяжелые супеси текучей и мягкопластичной консистенции.
Классификационные признаки Породы весьма низкой прочности $\sigma_c < 0{,}01$ МПа; не набухают. Фазовый состав: [ТФ: активная] + [ЖФ: консолидационная (преобладает) + граничная]. Фазо-физическое состояние: неустойчивое при высоком консолидационном ресурсе.
Методы прогноза: консолидационные (прогноз порового давления), геомеханические.
Модель Г-II а: пористая (35–95% и более), относительно водонепроницаемая, эластично-вязкая; модель фильтрационной консолидации. Параметры: $K_ф = 10^{-3}$–10^{-5} м/сут; $E_{ср} = 0{,}5$–1 МПа; $\mu = 0{,}5$; $P_c \approx 0$; $I_0 = 0$–1; $\beta \approx 0{,}75$–1; $C_V = 1$–10^{-2} м^2/сут.
Параметры зависят от пористости, влажности, минерального состава.

Обозначения в таблице: σ_c – прочность на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии; k_{sof} – коэффициент размягчения; $K_ф$ – коэффициент фильтрации; n – пористость; σ_y – предел упругости; E – модуль упругости; E_0 – модуль общей деформации; μ – коэффициент Пуассона; P_c – структурная прочность; I_0 – начальный градиент фильтрации; β – коэффициент порового давления; C_V – коэффициент консолидации.

насыщенных породах развитие процессов:

• структурной реорганизации (структурные деформации);

• уравновешивания соотношения фаз в соответствии с изменением физических полей напряжений (фильтрационные деформации);

• реализации межфазового взаимодействия, изменяющего энергию взаимосвязи между структурными элементами (пластические деформации).

В зависимости от индивидуальности пород определяющее влияние на динамику и результаты развития гидрогеомеханических процессов могут оказывать один или более видов адаптационных процессов. Соответственно, породы могут характеризоваться деформационным поведением структурного, структурно-пластического, структурно-фильтрационно-пластического и фильтрационно-пластического типа.

На этих положениях основана типизация, в которой различные виды пород сгруппированы по типу деформационного поведения и охарактеризованы ориентировочными значениями параметров моделей, которые используются в инженерных расчетах. Ориентируясь на эту типизацию можно обосновать методы оценки напряженно-деформированного состояния водонасыщенных массивов, программу и методику исследований с целью получения необходимой информации. Для разработки типизации использованы результаты исследований, приведенные в работах ведущих ученых и специалистов школы грунтоведения, инженерной геологии и механики горных пород.

2. Основной задачей инженерно-геологических исследований, выполняемых в рамках решения гидрогеомеханических задач, является установление закономерностей развития гидрогеомеханических процессов, т.е. установление наиболее значимых природных и технологических факторов, определяющих:

• вид и интенсивность внешних воздействий на геологическую среду;

• область изменения компонентов напряженного состояния пород;

• характер преобразования пород, соответствующий их деформационному поведению;

• возможность проявления опасных геологических процессов, их вид, механизм и динамику развития во времени, масштабность и характер влияния на технологию горных работ, состояние горнотехнических и инженерных объектов.

В общем случае факторы гидродинамических процессов можно разделить на «пассивные» – признаки природно-техногенной системы, определяющие условия развития процессов и вид возможных экзогенных последствий, и «активные» – определяющие динамику и интенсивность проявления опасных горно-геологических явлений.

К факторам-признакам относятся: геологическое строение массива, гидрогеологические условия; инженерно-геологические характеристики пород (состав, состояние, свойства); характер техногенных нарушений массива; предрасположенность к определенным видам экзогенных процессов. К активным факторам относятся: интенсивность внешнего воздействия, фильтрационный режим природно-техногенных гидрогеологических структур, режим диссипации порового давления в техногенных массивах и деформационное поведение горных пород. Активные факторы могут быть оценены количественными и качественными показателями, что делает их прогнозируемыми, контролируемыми и «управляемыми», и в конечном итоге – позволяет предотвращать или минимизировать негативные послед-

ствия развития гидрогеомеханических процессов.

3. Изучение гидрогеомеханических процессов должно производиться с применением комплекса специализированных натурных и лабораторных методов. Учитывая масштабность и многофакторность гидрогеомеханических процессов в программе исследований приоритетными являются натурные методы – режимные гидрогеологические наблюдения, геофизические, геодезические, опытно-промышленные эксперименты, специализированное инженерно-геологическое зондирование. При этом гидрогеологические и геодезические исследования должны организовываться как стационарные мониторинговые наблюдения, а структура сети наблюдательных пунктов – учитывать программу дальнейших мониторинговых работ на стадии реализации проектируемых горнотехнических решений. Лабораторные исследования направлены в основном на изучение закономерностей деформационного поведения пород, моделирование их свойств с учетом планируемых воздействий, получение расчетных зависимостей и характеристик, которые не могут быть получены натурными методами, но в последующем могут быть скорректированы из опыта мониторинговых наблюдений.

4. Методика инженерно-геологического анализа экспериментальной информации с целью обоснования адекватных методов прогноза напряженно-деформированного состояния породных массивов состоит из следующих этапов:

• выявление объективных (вытекающих из инструментальных результатов мониторинга) закономерностей изменения параметров гидро-геомеханической обстановки массива в сфере влияния горных работ;

• теоретическое их обоснование на базе представлений о деформационном поведении горных пород;

• выделение основных признаков (факторов) природно-технической системы, определяющих пространственные и временные закономерности проявления опасных геологических процессов;

• выделение активных факторов, влияющих на динамику и результаты развития гидрогеомеханических процессов;

• обоснование структуры гидрогеомеханических схем с учетом выделенных признаков природно-технической системы;

• определение для каждого элемента схемы вида физических уравнений, описывающих функциональную связь между напряжениями и деформациями;

• обоснование методов прогноза напряженно-деформированного состояния пород;

• определение расчетных параметров свойств пород с учетом требований прогнозных методов.

Рассмотренная в общем виде методология инженерно-геологических исследований апробирована нами при решении многих практических задач, в том числе для прогнозирования деформаций земной поверхности при затоплении шахт в г. Анжеро-Судженске, карьеров «Южный» на Урале и трубки «Мир» в Якутии; для разработки рекомендаций по предотвращению оползней на площадях шахтных и карьерных полей Кемеровской области; для обоснования безопасных параметров гидротехнических и горнотехнических сооружений [1–5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кутепова Н.А.* Инженерно-геологическое обоснование прогноза гидрогеомеханических процессов при ведении горных работ / Автореферат докт. техн. наук. – СПб.: СПГГИ, 2010. – 39 с.

2. *Кутепов Ю.И, Кутепова Н.А., Подольский В.А.* Прогноз гидрогеомеханических процессов в прибортовом массиве при затоплении карьера // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 5. – С. 65–73.

3. *Кутепова Н.А.* Закономерности оползневых процессов на подрабатываемых склонах // Геоэкология. – 2005. – № 5. – С. 431–441.

4. *Kutepov Ju. I., Kutepova N.A., Pospehov G.B.* Studying of hyrogeomechanical processes // Heft 2007–1. Statusbericht 2006. Institute of Geotechnical – TU Bergakademie Freiberg, 2007. – P. 253–258.

5. *Кутепов Ю.И, Кутепова Н.А., Ермошкин В.В.* Обеспечение безопасности гидроотвалов при открытой добыче угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 1. – С. 125–131. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кутепов Юрий Иванович – доктор технических наук, профессор,
Кутепова Надежда Андреевна – доктор технических наук,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,
Научный Центр геомеханики и проблем горного производства, e-mail: post@spmi.ru.

UDC 624.131

METHODOLOGY OF ENGINEERING GEOLOGICAL STUDY OF GEOTECHNICAL PROCESSES WITHIN TECHNOGENICALLY DISTURBED ROCKMASS AT EXPLOITATION OF MINERAL DEPOSITS

Kutepov Yu.I., Doctor of Technical Sciences, Professor
Kutepova N.A., Doctor of Technical Sciences,
National Mineral Resource University «University of Mines»,
Scientific Center for Geomechanics and Mining Problems , e-mail: post@spmi.ru.

Basic positions of methodology of engineering geological research, carried out within the limits of system of scientifically-methodological providing of safe mining of water-inundated rock mass are observed. Principles of analysis of engineering geological experimental information, performed on purpose of defining the regularities of progress of hydro-geomechanical processes under influence of natural and technogenic factors and their adequate consideration within mathematical calculations are covered.

Key words: engineering geological research, mining opera-tions, hydro-geomechanical processes, methods of study, typifi-cation of water-inundated rocks.

REFERENCES

1. Kutepova N.A. *Inzhenerno-geologicheskoe obosnovanie prognoza gidrogeomehanicheskih processov pri vedenii gornyh rabot* (Engineering-geological substantiation of hydro-geomechanical process forecasting in mining), Doctor's thesis, Saint-Petersburg, SPGGI, 2010, 39 p.

2. Kutepov Ju.I, Kutepova N.A., Podol'skij V.A. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, 2004, no 5, pp. 65–73.

3. Kutepova N.A. *Geojekologija*, 2005, no 5, pp. 431–441.

4. Kutepov Ju. I., Kutepova N.A., Pospehov G.B. *Studying of hyrogeomechanical processes*. Heft 2007–1. Statusbericht 2006. Institute of Geotechnical TU Bergakademie Freiberg, 2007. P. 253–258.

5. Kutepov Ju.I, Kutepova N.A., Ermoshkin V.V. *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, 2007, no 1, pp. 125–131.