

УДК 556

## ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ – УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ (ОБЪЕКТОВ) И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Грязнов О. Н.

На примере природно-технических систем «месторождение твердых полезных ископаемых (МТПИ) – горнодобывающее предприятие (ГДП)» и «геологическая среда (ГС) – высотное здание (ВЗ)» в условиях города Екатеринбурга рассмотрена универсальность систем взаимодействия инженерных сооружений (объектов) и природной среды. **Ключевые слова:** природно-техническая система (ПТС); природная среда; инженерное сооружение; область взаимодействия; условия; компоненты; параметры.

*Природно-техническая система*, по В. Д. Ломтадзе, – «природный комплекс, в пределах которого размещены искусственные объекты, созданные в результате выполнения строительных и других инженерных работ. В географии (а теперь и в инженерной геологии) такую систему рассматривают как модель, характеризующую взаимодействие природы (геологической среды) с сооружениями. Такое название особых возмущений не вызывает, так как оно связано с общими закономерностями развития тех или иных явлений в природе. Здесь понятия *геологическая среда*, *геологические условия* кодируют словом, имеющим более широкое значение, – *природная*, а понятие *сооружение* или *инженерные работы* – словом *техническая*, отражающим также более широкое понятие, связанное с техникой. В инженерной геологии используют понятие о бинарной системе *геологическая среда – сооружение*, отражающее функционирование реальных бинарных систем: фундаменты – естественные основания; подземное сооружение – *геологическая среда*; выемка, котлован, карьер – *геологическая среда*» [1].

*Природно-техническая система* (ПТС) – уникальная система, охватывающая все многообразие взаимоотношений инженерных сооружений (или объектов) с компонентами

природной среды.

Типы ПТС чрезвычайно разнообразны. Они определяются многими факторами. Основные из них – *тип инженерного сооружения* (объекта) и *ландшафтно-климатические условия природной среды*. В качестве примеров рассмотрим ПТС двух типов: ПТС месторождений твердых полезных ископаемых (МТПИ) в скальных массивах, разрабатываемых горными способами, и ПТС «геологическая среда (ГС) – высотное здание (ВЗ)» в условиях города Екатеринбурга.

ПТС МТПИ в скальных массивах и горнодобывающих предприятий (ГДП) схематически представлена на рис. 1. Эта система детально охарактеризована в статье [2]. Она включает две подсистемы: «сооружение» (шахта или карьер с их инфраструктурой) и «область взаимодействия» (ОВ). Последняя представляет собой объем массива скальных горных пород, в котором происходит изменение естественных условий в процессе строительства и эксплуатации «сооружения» при разработке МПИ (рис. 2). ОВ формируется в конкретных физико-географических, геологических, литолого-петрографических, мерзлотно-гидрогеологических и геодинамических условиях, которые характеризуются набором компонент, определяющих особенности и тенденции процессов изменения ГС

при вторжении ГДП в массив горных пород. Физико-географические условия включают рельеф, гидрологию, климат и биоту, влия-

ющие на уровень сложности формирования инженерно-геологических условий (ИГУ) освоения месторождения. Разработка МПИ

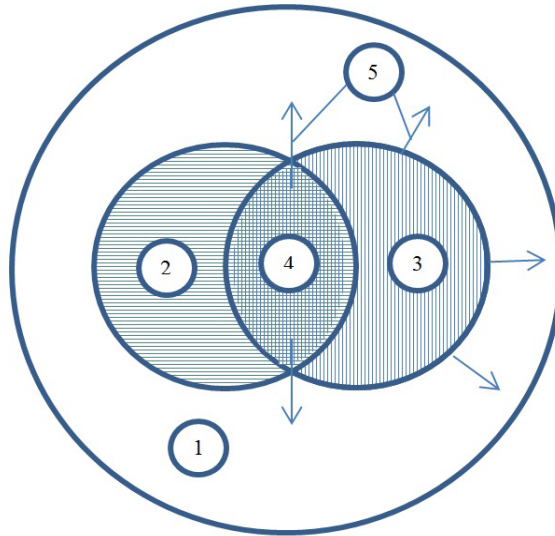


Рис. 1. ПТС МТПИ в скальном массиве и ГДП: 1 – природная среда; 2 – МТПИ в скальном массиве; 3 – ГДП; 4 – область взаимодействия; 5 – стрелками показано воздействие добычных работ на компоненты природной среды

горными способами начинается с уничтожения и угнетения биоты: лес, кустарник вырубаются, почва убирается, звери уходят, птицы улетают, природный ландшафт трансформируется в техногенный. Геолого-структурные, литолого-петрографические, мерзлотно-гидрогеологические особенности определяют ИГУ отработки месторождения. Особое значение при функционировании ОВ приобретают геодинамические условия. При разработке МПИ неизбежно возникают горно-геологические процессы, связанные с изменением поля естественных напряжений. Все компоненты условий функционирования ОВ характеризуются набором параметров.

На активной стадии горнопромышленного техногенеза ГДП (шахта, карьер с их инфраструктурой) вторгается в природную среду, оказывая воздействие на все её ингредиенты: биоту (растительность, животный мир), почвы, покровные отложения, массив горных пород коренной основы, полезные ископаемые, подземные воды, природные геологические процессы, поверхностные воды, приземную атмосферу. Техногенные и техноприродные процессы этой стадии весьма раз-

нообразны.

*Создание техногенных ландшафтов.*

Антропогенный литогенез:

- субаэральный – насыпные грунты (отвалы горных пород, забалансовых руд); намывные грунты – хвосты обогащения и шламы;

- субаквальный – техногенный аллювий;

- субтерральный – выветривание, погребенные технологические потери горных пород и руд.

*Гидролитогенные процессы:* дренаж шахтных и карьерных полей – техногенные зоны аэрации, активизация геохимических процессов; сброс дренажных вод, загрязнение поверхностных и подземных вод.

*Субтерральные процессы:* деформационные процессы вследствие перераспределения напряженно-деформационного состояния массивов горных пород (горные удары, стрельяние, разрушение горных выработок; зоны обрушения; вывалы, осыпание горных пород; пучение глинистых пород); прорывы подземных вод и плывунов; активизация карстовых и суффозионных процессов; подземные пожары, выбросы газов.

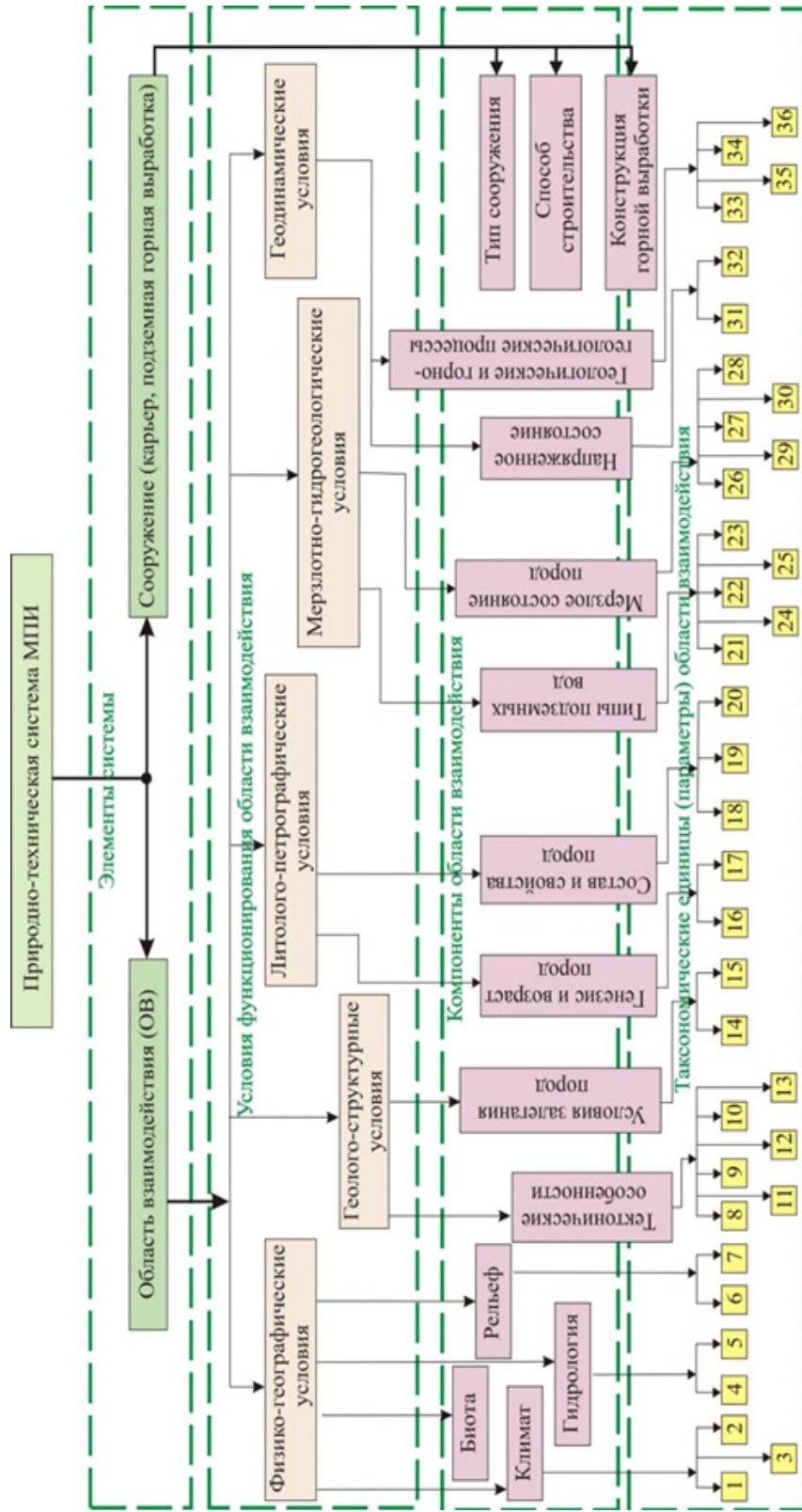


Рис. 2. Структура ПТС МПГИ [2];

1-3 – климат; 4 – количество атмосферных осадков; 5 – среднегодовая температура воздуха; 6 – абсолютные отметки рельефа; 7 – коэффициент расчлененности рельефа; 8-13 – тектонические особенности; 4 – модуль поверхностного стока; 5 – химический состав поверхностных вод; 6, 7 – рельеф; 8 – абсолютные отметки рельефа; 9 – коэффициент расчлененности рельефа; 8-13 – тектонические особенности; 11 – наличие зон дробления; 10 – тип нарушений (пикативные, дизъюнктивные); 12 – наличие расщелин, трещин; 13 – состав и свойства заполнителя трещин; 14, 15 – условия залегания пород; 16 – приуроченность к крупным геологическим структурам; 15 – этажность в вертикальном строении; 16, 17 – генезис и возраст пород; 18 – состав и свойства пород; 19 – структурно-текстурные особенности пород; 20 – физико-механические свойства пород; 21 – условия залегания пород; 22 – гидравлические особенности пород; 23 – условия питания; 24 – химический состав пород; 25 – режим подземных вод; 26-30 – мерзлое состояние пород; 26 – характер разгрузки водонесущих горизонтов и комплексов; 27 – среднегодовая температура пород; 28 – мощность мерзлых пород; 29 – криогенные тектуры; 30 – мощность мерзлых пород; 31, 32 – напряженное состояние пород; 31 – скорости продольных, поперечных волн; 32 – коэффициент Пуассона; 33-36 – геологические и горно-геологические процессы; 33 – характер и тип экзогенных и горно-геологических процессов; 34 – условия развития экзогенных и горно-геологических процессов; 35 – масштабы процессов; 36 – пораженность территории

*Гравитационные процессы* в открытых горных выработках: осыпи, обвалы, оползни.

*Техногенные землетрясения.*

На пассивной стадии горнопромышленного техногенеза, после прекращения добычных работ и ликвидации горного предприятия происходит самозатопление горных выработок, развиваются своеобразные техногенные и техноприродные процессы, охарактеризованные на примере Урала С. Н. Елохиной [3]. Они перечислены ниже.

*Деградация техногенных ландшафтов.*

Гидролитогенные процессы: излив шахтных вод на поверхность земли; подтопление, заболачивание территории; загрязнение поверхностных и подземных вод рудничными водами; изменение структуры фильтрационного потока и общего водного баланса; включение в область питания водозаборных сооружений затопленных шахтных полей; снижение прочностных свойств горных пород вследствие их замачивания.

*Выветривание* грунтов отвалов, дамб хвостохранилищ и других объектов.

*Эрозионные процессы* на отвалах горных пород, дамбах хвостохранилищ и других объектах (плоскостной смыл, промоины).

*Гравитационные процессы* на подработанных территориях, в том числе в зонах сдвижения, обрушения, в карьерах.

*Подземная водная эрозия* горных пород затопленных выработок.

*Активизация карстовых и суффозионных процессов.*

*Техногенные землетрясения.*

Таким образом, ПТС МТПИ – структурированная область взаимодействия массива горных пород месторождения и горного сооружения, функционирующая в природных, а после прекращения добычных работ – в техногенных условиях территории и характеризующаяся свойственным ей набором компонент и их параметров [2].

ПТС «ГС – ВЗ» города Екатеринбурга, по О. Н. Овечкиной, «является областью системного взаимодействия высотного сооружения и грунтового массива, природно-технические условия которого определяются набором ин-

женерно-геологических компонент и их параметров с учетом глубины заложения фундамента, его конструктивных особенностей и величины силовой нагрузки, добавленной в существующую систему городской застройки» [4]. Структура ПТС, условия функционирования области взаимодействия, их компоненты и параметры практически идентичны охарактеризованным для ПТС МТПИ. Для ПТС «ГС – ВЗ» на рис. 1 следует понимать: под 2 – геологическую среду, под 3 – высотное здание. Особенности ПТС определяются природными условиями города Екатеринбурга: типами массивов горных пород коренной основы, геоморфологическими условиями, мощностью коры выветривания и соотношением мощностей составляющих её зон, гидрогеологическими особенностями (табл.). Ведущим фактором является состав горных пород грунтовых массивов: гранитоиды Верх-Исетского и Шарташского массивов, габброиды Балтымского массива, гипербазиты и серпентиниты, метаморфические породы по сланцам и эффузивам О–S, контакты горных пород (гранитов – габбро, габбро – сланцев, сланцев – серпентинитов) и кора их выветривания. Типы применяемых фундаментов – столбчатые, монолитные плиты, ленточный и комбинированный. В денудационно-тектонической впадине долины р. Исеть высотные здания построены на свайных фундаментах, опирающихся на скальные грунты, перекрытые аллювиальными отложениями.

В ПТС «ГС – ВЗ» развиваются своеобразные инженерно-геологические процессы: техногенная трансформация ландшафтов, перераспределение напряженно-деформированного состояния массивов горных пород вследствие гравитационного воздействия высотного здания (вплоть до наведённых сейсмических событий); гидролитогенные процессы, связанные с понижением уровня грунтовых вод при дренаже подземных вод; барражный эффект в связи с заглублением ВЗ; положительный баланс подземных вод в связи с утечками из водонесущих коммуникаций; антропогенный субаэральный литогенез; загрязнение приземной атмосферы,

Общая характеристика ПТС «ГС – ВЗ» города Екатеринбурга [4]

Типы массивов горных пород	Геоморфологические условия	Гидрогеологические условия (УТВ, м)	Глубина залегания кровли скальных грунтов, м	Мощность коры выветривания, м	Зональность коры выветривания (мощность), м				Величина силы сейсмического воздействия, баллы	Тип фундамента
					Дисперсная зона (III)	обломочная зона (II) Глыбовая (IIa)	Трещиноватая зона (I)	обломочная зона (II) Глыбовая (IIa)		
Гранитный массив	Чистовская и Юго-Западная впадины	1,1–3,2	0,1–12,0	0,5–14	0,5–4,6	0,2–11	3–8	8	5,5–6	Столбчатый и ленточный
Габровый массив	Тектонические впадины, возвышенности, периферийный вал городской радиально-концентрической структуры	Во впадинах 0,7–6,8; на возвышенностях 7,8–12,0 м	0,7–18	0,2–26	0,2–17	0,3–4	1–15	21	6–7	Ленточный, столбчатый, монолитная плита
Метаморфические	Тектонические возвышенности и впадины	Во впадинах 1,5–3,5, на возвышенностях 5,3–6,8 м и > 21 (при водоупорности в метре)	3,5–11,0 и > 21	1,0–35	от 1 до > 21	0,6–35	1–16	–	5–6	Монолитная плита, столбчатый
Контакты горных пород	Тектонические возвышенности и впадины	Во впадинах 6,0–15,0; на возвышенностях 2,2–7,8	0,5–25 и > 35	0,3–14 и > 35	0,3–22	0,5–7,5	1,5–20	–	6–8	Монолитная плита, столбчатый, комбинированный
По берегам р. Исеть	Исетская денудационно-тектоническая впадина	0,0–5,1	1,8–16	0,5–11,3	0,5–5,8	1,0–5,3	0,7–9,0	–	6–7	Свайный

поверхностных вод (через ливневый сток), подземных вод (через утечки); тепловое, шумовое, вибрационное воздействие на окружающую среду и человека.

Краткое рассмотрение двух типов ПТС (МТПИ – ГДП, ГС – ВЗ) в достаточной степени характеризует универсальность природно-технической системы. При понимании на рис. 1 под цифрой 2 «геологической среды»,

а под цифрой 3 «инженерного сооружения (объекта)», схема будет отражать структуру ПТС любого типа. Для природно-технических систем любой сложности характерны открытость, динамичность, управляемость, а при объективной оценке и учете параметров компонент, условий функционирования области взаимодействия – и устойчивость.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ломтадзе В. Д. Словарь по инженерной геологии. СПб: Изд. СПбГИ, 1999. 360 с.
2. Абатурова И. В., Грязнов О. Н. Инженерно-геологические условия месторождений Урала в скальных массивах // Изв. вузов. Горный журнал. 2014. № 6. С. 160–168.
3. Елохина С. Н. Гидрогеоэкологические последствия горного техногенеза на Урале. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. 187 с.
4. Овечкина О. Н. Оценка и прогноз изменения состояния геологической среды при техногенном воздействии зданий высотной конструкции в пределах города Екатеринбурга: автореф. ... дис. канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: УГГУ, 2013. 24 с.

**Грязнов Олег Николаевич** – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры гидрогеологии, инженерной геологии геоэкологии. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: Gryaznov.O@ursmu.ru