

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОПАСНОСТИ И СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УО «Гомельский государственный университет им. Ф.  
Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь  
admiral\_freedom@rambler.ru

*Рассмотрены геологические процессы как фактор риска природно-технических систем. Дана классификация антропогенных (техногенных) геологических процессов. Приведены примеры геологических опасностей. Предложена схема оценки геологического риска для природно-технических систем.*

Геологические процессы – это важный фактор, влияющий на жизнедеятельность людей, на состояние окружающей среды, на биосферу в целом. Технический прогресс приводит к постоянному усложнению технических систем, росту их энергонасыщенности и соответственно увеличению возможного ущерба при авариях, вызванных геологическими процессами [1, 2, 3, 4].

Для оценки риска геологических процессов необходимо проведение анализа каждого в отдельности типа геологического процесса и факторов, формирующих их образование. Алгоритм выполнения интегральной оценки геологического риска основывается на системном подходе к изучению каждого типа геологического процесса, в том числе территории, подверженной проявлению, и элементов экосистем, природно-технических систем и геологической среды как факторов образования геологических процессов. Реализация разработанных методических основ оценки риска геологических процессов позволит оперативно проводить анализ территории на наличие наиболее оптимальных участков для строительства, в отношении безопасности и затрат на защитные мероприятия, направленные на снижение риска активизации геологических процессов. Для разработки методика оценки геологических рисков нужно решить следующие задачи:

- 1) анализ опыта предыдущих исследований в области геологического риска; 2) определение критерии оценки геологических рисков; 3) составление алгоритма оценки геологического риска модельной территории; 4) разработать методику определения экономических, экологических и других критериев оценки геологического риска; 5) разработать методику составления карт геологического риска. Особым субъектом геологического риска выступают природно-технические системы (ПТС).

По опасности последствий и величине ущерба геологические процессы делят на три группы: 1) катастрофические; 2) опасные; 3) неблагоприятные. **Катастрофические геологические процессы** – это процессы, которые вызывают разрушение природно-технических систем, представляют непосредственную угрозу для жизни человека. **Опасные геологические процессы** – это процессы, которые нарушают нормальное функционирование природно-технических систем, могут вызывать их аварии, которые в свою очередь, негативно влияют на человека. **Неблагоприятные геологические процессы** – это процессы, которые не представляют непосредственной угрозы для жизни и здоровья человека, но осложняют функционированием природно-технических систем. При этом геологические процессы могут быть как природными, так и техногенными [1, 4, 5, 6]. Техногенные геологические процессы по отношению к данной ПТС могут быть внешними и внутренними. Последние возникают в зоне влияния этой ПТС и прямо или косвенно обусловлены ее функционированием.

Ареалы, в пределах которых развиваются катастрофические, опасные и неблагоприятные процессы, по размерам подразделяются на три уровня: 1) планетарные; 2) региональные; 3) локальные [5, 6].

К планетарному уровню относятся природные процессы, которые могут оказать воздействие на биосферу в целом. К таким процессам можно отнести падения астероидов и крупных метеоритов. Предполагается, что падения астероидов в истории Земли несколько раз приводили к массовому вымиранию биоты.

К региональному уровню относятся землетрясения, цунами, извержения вулканов, наводнения, засухи, вихри, снегопады. Их воздействие может охватывать целые регионы. Так, катастрофические наводнения охватывают, как правило, несколько речных систем, катастрофические смерчи на Русской равнине при скорости 50–60 км/ч в среднем проходят путь длиной 50 км, разрушительные цунами воздействуют на прибрежную полосу длиной около 500 км, а раскаленные лавовые потоки при извержении вулканов способны проходить путь до десятков километров. Энергетика этих процессов значительно превышает энергетику антропогенных процессов.

К локальным процессам относятся оползни, сели, лавины и карстовые процессы. Такие процессы распространяются на площадях от первых м<sup>2</sup> до первых км<sup>2</sup>. Так, площадь поражения у наиболее распространенных процессов – оползней зависит от типа и объема смещения. Она, как правило, составляет 600–1200 м<sup>2</sup>. В связи с ограниченностью площади поражения оползни уносят меньшее число человеческих жизней, чем региональные процессы, особенно в густонаселенных районах. На локальном уровне более сильно сказывается техногенная нагрузка, способная ускорить катастрофическое развитие природных процессов или даже вызвать их [5, 6].

Факторами, которые определяют «катастрофичность» геологического процесса, являются:

- 1) интенсивность проявления процесса;
- 2) плотность населения;
- 3) сложность технических систем, наличие экологически опасных объектов;
- 4) научно-технический уровень развития общества [6].

Геологические процессы, связанные с деятельностью человека (техногенные или антропогенные) можно классифицировать следующим образом [7, 8]:

1. Антропогенный литогенез:

- 1.1. Наземный (субаэральный) литогенез.
- 1.2. Подводный (субаквальный) литогенез.
- 1.3. Подземный (субтерральный) литогенез.

2. Геотермические процессы и явления:

2.1. Антропогенные геологические процессы, вызванные замерзанием грунтов и вод: увеличение мощности и образование «вечной мерзлоты»: морозное пучение; образование подземного льда; образование наледей; морозное выветривание.

2.2. Антропогенные геологические процессы, вызванные протаиванием мерзлых грунтов и вод: термопросадка; термокарст; солифлюкция; деградация мерзлоты.

2.3. Антропогенные геологические процессы, вызванные обогревом, обжигом и плавлением грунтов: термоусадка; окаменение грунтов; образование пустот; сдвиги грунтов; проседание поверхности.

3. Гидролитогенные процессы и явления, вызванные изменением подземной гидросферы:

3.1. Антропогенные геологические процессы, вызванные понижением уровня подземных вод и осушением грунтов: образование депрессий подземных вод; сжатие грунтов и оседание поверхности; уменьшение водности рек, исчезновение родников, рек, прудов, болот; увеличение зоны аэрации; глубины сезонного промерзания.

3.2. Антропогенные геологические процессы, вызванные повышением уровня подземных вод и обводнением грунтов: подтопление; заболачивание; набухание грунтов; развитие склоновых процессов (оползней); просадка лессовых грунтов; уменьшение зоны аэрации; уменьшение глубины сезонного промерзания.

3.3. Антропогенные геологические процессы, вызванные фильтрационно-гидродинамическими факторами: техногенная механическая суффозия; прорыв подземных вод и плывунов в выработки; суффозионное проседание поверхности; суффозионные провалы; перетоки через водоупоры.

3.4. Антропогенные геологические процессы, вызванные химическим воздействием: загрязнение грунтовых и напорных пресных вод; химическая суффозия; антропогенный карст; засоление грунтов.

4. Процессы и явления, вызванные изменением напряженного состояния массива грунтов:

4.1. Геостатические антропогенные геологические процессы (вызванные статическими нагрузками): гравитационное сжатие грунтов и оседание поверхности; гравитационные оползни и обвалы; гравитационный выпор грунтов.

4.2. Литодинамические антропогенные геологические процессы (вызванные динамическими нагрузками): вибрационное уплотнение грунтов и оседание поверхности; ударное и взрывное сжатие и разрыхление грунтов; вибрационно-динамическое смещение грунтов на склонах (оползни, обвалы, осыпи); тиксотропное разжижение грунтов и оседание поверхности.

4.3. Антропогенные геологические процессы, вызванные подземными выработками: горное стреляние; обрушение; выжимы и вывалы твердых грунтов; выбросы угля, газа, соли; движение грунтов в массиве; образование мульд проседания и провалов.

4.4. Антропогенные геологические процессы, вызванные открытыми выработками: эрозия откосов; гравитационные процессы в откосах; пучение дна выработок; затопление выработок.

4.5. Антропогенные геологические процессы, вызванные извлечением из недр нефти и газа: механическая суффозия; суффозионные просадки и провалы; антропогенные «гейзеры»; дегазация пород; оседание земной поверхности.

5. Гидрогенные процессы и явления, вызванные изменением поверхностной гидросферы:

5.1. Антропогенные геологические процессы, вызванные созданием антропогенной гидрографической сети (водохранилищ, каналов, прудов): затопление, подтопление, заболачивание; береговые оползни и обвалы; просадка лессовых грунтов; антропогенный карст; субаквальное осадкообразование.

5.2. Антропогенные геологические процессы, вызванные нарушением естественного стока атмосферных вод: антропогенная (ускоренная) эрозия; заболачивание; антропогенное селеобразование; антропогенные оползни.

Опасность конкретного геологического процесса обусловлена его экологическими последствиями [6]. Типичными экологическими последствиями этих процессов могут быть: загрязнение воздушного бассейна; загрязнение поверхностных вод; нарушение (разрушение) почвенного покрова; снижение плодородия почв; нарушение растительного покрова; повреждение транспортных коммуникаций, трубопровод; аварии газо- и нефтепроводов, вызывающие загрязнение окружающей среды; аварии хранилищ токсичных веществ, вызывающие загрязнение окружающей среды; нарушение устойчивости фундаментов зданий и сооружений; повреждение зданий и сооружений; ухудшение санитарно-гигиенических условий в помещениях; ухудшение качества окружающей среды; нанесение вреда здоровью человеческого населения.

Объектами воздействия геологических процессов являются население, окружающая человека среда, технические системы, природные экосистемы. Оценка поражающего действия производится по таким параметрам: число пострадавших людей; продолжительность поражающего воздействия; площадь зоны поражения; затраты на проведение аварийно-спасательных работ; экономический ущерб; число разрушенных, поврежденных объектов, степень их повреждения; продолжительность восстановительного периода; площадь земель, частично или полностью исключенных из сельскохозяйственного оборота; продол-

жительность периода восстановления сельскохозяйственных угодий; величина погибшего урожая, численность погибших домашних животных; площадь уничтоженных, пострадавших лесных массивов; площадь загрязнения опасными веществами почв, грунтов, подземных, поверхностных вод; продолжительность периода (само)очистки загрязненных почв, грунтов, подземных, поверхностных вод; продолжительность периода рекультивации загрязненных участков [6].

Указанные процессы возникают в определенных природно-технических системах в зависимости от условий геологической среды.

Например, суффозия и суффозионные провалы могут возникнуть на промплощадке металлургического завода под воздействием утечек из водопроводов. Кастовые воронки и провалы на территории полигона отходов – за счет миграции в водоносные горизонты химически агрессивных стоков. Термокарст на городской территории – за счет теплового воздействия от нагретых объектов – печей, труб горячего водоснабжения и т.д.

Для каждого типа природно-технических систем характерен определенный набор геологических процессов, которые способны вызвать их аварии: трубопроводные ПТС – карст, термокарст, суффозия; автотранспортные ПТС – оползни, карст, суффозия; гидротехнические ПТС – землетрясения и т.д. В качестве примера рассмотрим геологические процессы, фиксирующиеся в пределах городской ПТС (жилая застройка на техногенных грунтах, 3–5 м мощностью).

В таблице 1 указаны наиболее вероятные для городской ПТС экологические последствия, которые могут быть вызваны антропогенными геологическими процессами. Так, например, потенциальными экологическими последствиями потопления и заболачивания являются деформации оснований и фундаментов зданий, нарушение функционирования наземных и подземных коммуникаций, ухудшение санитарного состояния помещений. Негативное последствие суффозионных процессов – повреждение полотна дорог, провалы асфальта.

Геологические процессы могут в значительной степени влиять на состояние ПТС, вызывая изменения рельефа, изменение гидрологического и гидрогеологического режима, трансформируя геофизические и геохимические поля, нарушая почвенный и растительный покровы. Аварии ПТС, вызванные геологическими процессами, могут приводить к химическому и радиоактивному загрязнению компонентов окружающей среды. Например, землетрясение ведет к разрушению плотины шламохранилища токсичных отходов химического комбината, что в свою очередь вызывает загрязнение солями территорий, расположенных ниже в рельефе.

Таблица 1 – Антропогенные геологические процессы и их экологические последствия в пределах городской ПТС (микрорайон «Мельников Луг» г. Гомеля)

Процесс	Экологические последствия
Водная эрозия	Нарушение устойчивости фундаментов, разрушение почв
Гравитационные процессы	Повреждение полотна дорог
Подтопление и заболачивание	Деформация оснований и фундаментов сооружений, нарушение функционирования наземных и подземных коммуникаций, ухудшение санитарного состояния помещений
Осушение, понижение грунтовых вод	Снижение водности и эвтрофикация прудов и каналов
Засоление	Накопление токсичных солей в почвогрунтах
Эоловые процессы	Загрязнение воздушного бассейна пылью, рост запыленности воздуха

- При оценке геологического риска для ПТС предусматривается:
- изучение природной ситуации (свойства геологической среды, рельеф, климат);
  - идентификация геологических опасностей, в том числе инвентаризация экзогенных и эндогенных геологических процессов;
  - оценка уровня геологических опасностей;
  - идентификация объектов-реципиентов геологического риска (техническая подсистема, ее отдельные компоненты и элементы, процессы функционирования, люди);
  - оценка уязвимости объектов-реципиентов геологического риска (уязвимость при нормальном функционировании ПТС, уязвимость при аварийных ситуациях);
  - оценка геологического риска, включая анализ и количественную оценку риска;
  - обработка геологического риска и прогнозирование ущерба.

### Список использованной литературы

- 1 Рагозин, А.Л. Общие положения оценки и управления риском / А.Л. Рагозин // Геоэкология. – 1999. – № 5. – С. 417–429.
- 2 Дзекцер, Е.С. Геологическая опасность и риск / Е.С. Дзекцер // Инженерная геология. – 1992. – № 6. – С. 3–10.
- 3 Шеко, А.И. Оценка опасности и риска экзогенных геологических процессов / А.И. Шеко, В.С. Круподеров // Геоэкология. – 1994. – №3. – С. 11–21.
- 4 Экологические функции литосферы / под ред. В.Т. Трофимова. – М.: МГУ, 2000. – 432 с.
- 5 Опасные экзогенные процессы / под ред. В.И. Осипова. – М.: ГЕОС, 1999. – 290 с.
- 6 Гусев, А.П. Геоэкология: геоэкологические аспекты неблагоприятных и опасных природных и антропогенных процессов и явлений: практическое руководство / А.П. Гусев. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 46 с.
- 7 Котлов, Ф.В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города / Ф.В. Котлов. – М.: Наука, 1977. – 165 с.
- 8 Котлов, Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека / Ф.В. Котлов. – М.: Недра, 1978. – 261 с.

*M.S. FEDORSKY, I.A. SHAVRIN*

### ***GEOLOGICAL DANGERS AND CONDITION OF NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS***

*Geological processes as risk factor of natural-technical systems are considered. Classification of anthropogenous (technogenic) geological processes is given. Examples of geological dangers are resulted. The scheme of an estimation of geological risk for natural-technical systems is offered.*