

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №4, Том 12 / 2020, No 4, Vol 12 <https://esj.today/issue-4-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/67SAVN420.pdf>

DOI: 10.15862/67SAVN420 (<http://dx.doi.org/10.15862/67SAVN420>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Суздалева А.Л., Кучкина М.А., Жаргалсайхан Б. Опасные геологические процессы в условиях техногенеза земной коры: угрозы нарушения жизнедеятельности населения и ухудшения состояния окружающей среды // Вестник Евразийской науки, 2020 №4, <https://esj.today/PDF/67SAVN420.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/67SAVN420

For citation:

Suzdaleva A.L., Kuchkina M.A., Jargalsaihan B. (2020). Hazardous geological processes in the conditions of technogenesis of the earth's crust: threats of disruption to the life of the population and deterioration of the environment. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(12). Available at: <https://esj.today/PDF/67SAVN420.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/67SAVN420

УДК 72

Суздалева Антонина Львовна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Профессор
Доктор биологических наук, профессор
E-mail: kurochkina@mgsu.ru

Кучкина Мария Александровна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия
Доцент
Кандидат биологических наук, доцент
E-mail: kurochkina@mgsu.ru

Жаргалсайхан Болортуяа

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Аспирант
E-mail: kurochkina@mgsu.ru

**Опасные геологические процессы
в условиях техногенеза земной коры: угрозы
нарушения жизнедеятельности населения и ухудшения
состояния окружающей среды**

Аннотация. Техногенная трансформация земной коры приводит к образованию в ней новых геологических тел. Они отличаются от естественных массивов горных пород значительно меньшей стабильностью и более высокой подвижностью. По этой причине на занимаемых техногенными геологическими телами участках резко возрастает риск опасных явлений. Исследование общих закономерностей развития последствий техногенеза литосферы было осуществлено на основе анализа обширного массива данных. Предметом изучения одновременно являлись процессы образования в земной коре новых структур и опасные последствия их возникновения. Структура и динамика техногенных геологических тел существенно иные, чем в элементах естественной геологической среды. Это обуславливает необходимость разработки новых методологических подходов к их изучению. Существует две

основные категории техногенных тел: во-первых, размещенные в земной коре или на ее поверхности скопления различных инородных материалов, а во-вторых, трансформированные горные породы. В обоих случаях возникновение техногенных геологических тел представляет собой угрозу для населения и окружающей среды. Как показал анализ результатов исследований, наибольшую опасность представляло снижение плотности трансформированной геологической среды и образование карстов. Оползни, селевые потоки и обвалы также возникали на основе образования крупномасштабных скоплений отходов. Еще к более катастрофическим последствиям приводили землетрясения, вызванные техногенной трансформацией геологической среды.

Ключевые слова: техногенное геологическое тело; литосфера; вторая геология; дестабилизация геологической среды

Под техногенезом земной коры (литосферы) понимают обширную совокупность процессов изменения ее структуры и состава под влиянием различных видов человеческой деятельности. Техногенез литосферы в большинстве случаев приводит к дестабилизации геологической среды, нарушению ее целостности, а также к включению в ее состав новых элементов. Одним из проявлений техногенной трансформации литосферы является интенсификация геодинамических процессов, большинство из которых способно создать угрозы для жизни людей и привести к ухудшению экологической ситуации [1; 2].

Среди опасных геологических процессов наибольшим разнообразием отличаются проявления экзогенной геодинамики, которые представляют собой пространственные перемещения участков земной коры под воздействием внешних факторов, в т. ч. техногенных [3]. К ним относятся: разуплотнение и разжижение геологической среды; оползни; селевые потоки; обвалы; водная эрозия; дефляция (ветровая эрозия); суффозия и карст; провалы земной поверхности и ряд других явлений. Во многих случаях эти процессы протекают одновременно или представляют собой цепь взаимосвязанных явлений. Так, сочетание разуплотнения участков земной поверхности и развитие на них интенсивной водной эрозии провоцирует возникновение оползней и селевых потоков.

Некоторые виды человеческой деятельности оказывают влияние и на развитие эндогенных геологических процессов. Они возникают вследствие особенностей, присущих естественной геологической среде, но ее техногенез может стать их триггером, т. е. явлением, давшим толчок развитию событий. Примером являются техногенные землетрясения.

Таким образом, вторжение человека в геологическую среду приводит к изменению происходящих в ней процессов, масштабы и значимость которых постоянно возрастают. Вместе с тем они, как правило, рассматриваются как частные явления. Их развитие связывают не с общими закономерностями техногенеза окружающей среды, а с последствиями конкретных видов человеческой деятельности. Целью данной статьи является обобщающий анализ данной проблемы и обоснование необходимости разработки нового концептуально-методологического подхода к ее решению.

Результатом техногенной трансформации земной коры является возникновение в литосфере различных образований, которые в совокупности можно обозначить как *техногенные геологические тела* [4]. Процессы, протекающие в них, существенно отличаются от явлений, происходящих в естественной геологической среде. Поэтому для прогноза этих процессов и их опасных последствий необходимо развитие новой научной дисциплины – *второй геологии*.

Формирование техногенных тел происходит в ходе самых различных видов деятельности. По своему составу, структуре и характеру пространственного размещения они

весьма разнообразны. Вместе с тем условно их можно разделить на две категории. К первой можно отнести техногенные тела, возникающие при включении в геологическую среду каких-то инородных материалов, формирующих в ней компактные скопления вещества. Примером могут служить захороненные свалки отходов или осадочные образования, возникающие в результате интенсивной седиментации техногенных взвесей на дне водных объектов. Вторая категория техногенных тел формируется в результате изменения свойств горных пород под воздействием человеческой деятельности. Например, это механическая трансформация геологической среды при подземных взрывах, или изменение свойств горных массивов при их искусственном водонасыщении. Такие техногенные тела можно обозначить как реструктурированные.

Отличительной чертой подавляющего большинства техногенных геологических тел является значительно большая подверженность разрушению при воздействии различных внешних сил по сравнению с естественными горными массивами. Связано это с тем, что процессы формирования естественной геологической среды обычно происходят в течение весьма длительного времени, тогда как физико-химическая, а иногда и биологическая трансформация техногенных тел существенно изменяет их свойства и структуру всего за несколько лет. По этим причинам развитие опасных процессов экзогенной геодинамики на техногенно трансформированных участках литосферы происходит значительно интенсивнее, а их опасность для населения и природной среды существенно возрастает. Рассмотрим характерные черты наиболее распространенных видов подобных явлений.

Техногенное *разуплотнение* – это происходящее в ходе различных видов деятельности (например, при проведении буровзрывных работ) изменение геологической среды, сопровождающееся появлением в ней трещин, которые могут заполняться рыхлым материалом или водой. В последнем случае может произойти *разжижение* горных пород. В результате возникает угроза превращения возникших реструктурированных техногенных тел в пlyingуны, затопления ими горных выработок и подземных сооружений.

Для техногенных тел, размещенных на поверхности земной коры весьма характерно образование *оползней*, т. е. смещения значительной массы вещества по склону. Например, они нередко образуются на отвалах пустой породы и могут захватывать часть материала склона, сложенного из естественных грунтов и горных пород. При подобном сценарии развития событий масса оползня значительно возрастает, как и площадь, по которой он распространяется.

Оползни также возникают при образовании крупномасштабных массивов отходов промышленных предприятий. Так, в окрестностях г. Коломбо (Шри-Ланка) в апреле 2017 г. мусорный оползень, сошел на жилые дома, вызвав гибель 29 человек [5].

Обвалы т. е. внезапные обрушения, весьма характерные для склонов, элементы которых слабо связаны между собой. В отличие от оползней при обвалах движение материала вниз сопровождается его перемешиванием и дроблением. В результате у подошвы склона формируется хаотическое накопление фрагментов обрушившегося массива. Подобные опасные явления происходят не только в природной среде. Они достаточно характерны и для поверхностных техногенных тел, элементы которых слабо связаны между собой. Например, обвалы нередко происходят на полигонах твердых бытовых отходов. Так, в марте 2017 г. в пригороде Аддис-Абебы (Эфиопия) обвал мусорной свалки, накрывший несколько жилых домов, унес жизни более 60 человек [5].

Селевой поток или сель – это движущийся со значительной скоростью поток жидкой грязи и твердых обломков. Нередко он возникает после продолжительных сильных дождей, а также при прорывах плотин водохранилищ. Существование подверженных обводнению

рыхлых техногенных тел значительно повышает риск подобных событий. Так, в октябре 1966 г. в пос. Аберфан (южный Уэльс) со скоростью 32 км/ч сошел сель, образовавшийся на рядом расположенном шахтном терриконе¹. Он поглотил ферму, школу и несколько домов. В результате погибло 144 человека, из них 116 детей.

Процессы *водной эрозии* техногенных тел обычно протекают в несколько раз быстрее, чем в горных породах. Интенсивность водной эрозии на отвалах угольных шахт Донбасса после окончания их формирования превышает 150 т/га [6]. Весьма высока скорость эрозии отвалов строительного мусора [7]. Потоки воды, выносящие различные компоненты эродлируемых техногенных тел во многих случаях характеризуются высокой токсичностью. Их распространение в среде вызывает деградацию экосистем, а попадание содержащихся в них веществ в источники питьевого водоснабжения представляет опасность для здоровья людей.

Техногенные тела также в большей степени, чем естественные участки земной коры подвержены и *ветровой эрозии (дефляции)*. Так, за год с 1 га поверхности отвалов неэксплуатируемых угольных шахт Донбасса выносятся 667 т их составляющих материала [8]. Это приводит к загрязнению воздушной среды и также способствует развитию ряда опасных заболеваний среди населения. Аналогичные явления наблюдаются и на других территориях, где на поверхности размещены многочисленные отвалы горных выработок. Их примером могут служить некоторые участки в районе Курской магнитной аномалии.

Суффозия – это механический вынос частиц горных пород потоком подземных вод. Она сопровождается проседанием земной поверхности в форме образования впадин и воронок (суффозионных блюд) диаметром до 100 м. *Карст* представляет собой процесс растворения (выщелачивание) компонентов горных пород. По этой причине его иногда называют химической суффозией в отличие от механической суффозии. Оба эти процесса нередко происходят одновременно и приводят к образованию в земной коре пустот различного размера – от микроскопических до протяженности в сотни метров. На участках интенсивных карстово-суффозионных явлений во многих случаях происходят оползни, провалы и проседания земной поверхности, происходит разрушение зданий и сооружений. Техногенные тела под воздействием суффозии и карста разрушаются, как правило, значительно быстрее, чем естественные, поскольку обладают меньшей механической прочностью и большим количеством водорастворимых компонентов. Этому способствует и ряд других техногенных факторов. Так, интенсивность карстово-суффозионных процессов может возрасти за счет фильтрации в подземные горизонты промышленных сточных вод, содержащих химически агрессивные вещества [9]. В городах эти явления часто активизируются в результате протечек подземных коммуникаций. В этих случаях велика вероятность наложения двух явлений: размывающего действия подземного потока воды и механического и химического разрушения материалов, которые приводят к катастрофическому результату – образованию в короткий срок подземных пустот и последующих провалов. Особую опасность для людей представляет образование пустот под асфальтобетонными покрытиями. Провалы на таких участках возникают неожиданно, например, при въезде на них автотранспорта. Только в Москве за последние 20 лет отмечено образование более 200 техногенных провалов, создавших угрозу для автомобилей и даже жилых зданий [10]. Крупные провалы образуются над подземными выработками в результате техногенной реструктуризации геологической среды и изменения ее прочностных свойств. В России явления подобного рода, например, произошли в 2008 г. на Верхнекамском месторождении (Пермский край) при добыче калийных солей. Образовавшийся вблизи строений провал имел размеры 300×400 м, глубину – 80 м, а объем – 8,6 млн м³ [11].

¹ Леггет Р. Города и геология. М.: Изд-во «Мир», 1976.

Процессы разрушения реструктурированных техногенных тела все чаще становятся триггером техногенных землетрясений [12]. Они возникают за счет высвобождения запасов энергии (разрядки напряжений) естественным образом накопленных в геологической среде. Но старт этим процессам дает сейсмическое колебание относительно небольшой силы, вызванное разрушением (проседанием) реструктурированного техногенного тела. Наибольшую опасность представляют сильные землетрясения, спровоцированные разработкой месторождений нефти и газа, которые специалисты относят категории триггерных и обозначают как *тектонические землетрясения техногенного происхождения*. Примерами могут служить катастрофические землетрясения в районе Газлийского газового месторождения (Узбекистан) в 1976 г. и 1984 г. с магнитудами от 6.8 до 7.3, а также Нефтегорское землетрясение в 1995 г. на о. Сахалин с магнитудой 7.2–7.6. Такие землетрясения возникают вследствие существенного изменения пластового давления жидкости и газа через достаточно длительный период после начала эксплуатации (от 15 до 30 лет). Наличие подобного «латентного периода созревания», по данным А.В. Николаева (1999 г.), является характерным для этого вида землетрясений. В контексте рассматриваемой проблемы продолжительность латентного периода – это время образования реструктурированного техногенного тела, которое в определенный момент времени играет роль триггера.

Приведенные материалы позволяют сделать следующие заключения:

1. Постоянно расширяющийся техногенез земной коры, сопровождающийся образованием новых геологических техногенных тел, приводит к возникновению процессов и явлений, дестабилизирующих геологическую среду, создающих опасность для жизни людей и угрозу ухудшения экологической ситуации.
2. Процессы, протекающие в техногенных телах литосферы, существенно отличаются от явлений, происходящих в естественной геологической среде, что обуславливает необходимость разработки новых методологических подходов к их изучению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vardoulakis I. Catastrophic landslides due to frictional heating of the failure plane // International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics. 2015. No. 5. P. 443–467.
2. Qin L., Shuang F., Zhu H. Research on the technological architectural design of geological hazard monitoring and rescue-after-disaster system based on cloud computing and Internet of things // International Journal of System Assurance Engineering and Management. 2018. No. 9. P. 684–695.
3. Shao L. Geological disaster prevention and control and resource protection in mineral resource exploitation region // International Journal of Low-Carbon Technologies. 2019. Vol. 14. No 2. P. 142–146. DOI: 10.1093/ijlct/ctz003.
4. Суздалева А.Л. Вторая геология – наука о техногенных телах литосферы // Естественные и технические науки. 2020. №3(141). С. 1765–177.
5. Федорский М.С., Шаврин И.А., Поплавная А.И. Эколого-геологические исследования свалок твердых бытовых отходов // В кн.: Экология и защита окружающей среды. Тезисы докладов IV Международной научно-практ. конф. Минск: БГУ, 2018. С. 129–133.
6. Зубова Л.Г., Зубов А.Р., Воробьев С.Г., Сиволап С.И., Харламова А.В., Зубов А.А. Оптимизация терриконовых ландшафтов: монография. Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2010. – 208 с.
7. Ивонин В.М., Егошин А.В. Мелиорация отвалов токсичного грунта // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 1(13). С. 130–146.
8. Зубов А.Р., Ульшин В.А., Зубов А.А., Зубова Л.Г. Моделирование процесса дефляции породы отвалов угольных шахт и техногенное загрязнение почв Донбасса // Агротехніка і ґрунтознавство. 2012. №77. С. 52–56.
9. Мохонько В.И. Оценка влияния техногенных факторов на активизацию меломергельногокарстогенеза // Первый независимый научный вестник. 2015. №1. С. 52–57.
10. Кучуков Э.З., Филькин Н.А., Лаухин С.А. К оценке опасности геологических, инженерно-геологических и техногенных процессов при проектировании, строительстве и эксплуатации инженерных сооружений на урбанизированной территории // В сборнике: Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи М.: Издательство: Российский университет дружбы народов, 2016. С. 310–314.
11. Осипов В.И., Барях А.А., Сапфиров И.А., Мамаев Ю.А., Ястребов А.А. Гидрогеомеханические условия формирования карстовых провалов на территории калийных рудников в г. Березники Пермского края // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2016. №2. С. 142–148.
12. Адушкин В.В., Турунтаев С.Б. Техногенная сейсмичность – индуцированная и триггерная. – М.: ИДГ РАН, 2015. 364 с.

Suzdaleva Antonina L'vovna

National research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: kurochkina@mgsu.ru

Kuchkina Maria Aleksandrovna

National research university «MPEI», Moscow, Russia
E-mail: kurochkina@mgsu.ru

Jargalsaihan Bolortuya

National research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia
E-mail: kurochkina@mgsu.ru

Hazardous geological processes in the conditions of technogenesis of the earth's crust: threats of disruption to the life of the population and deterioration of the environment

Abstract. Technogenic transformation of the earth's crust leads to the formation of new geological bodies in it. They differ from natural rock mass by significantly lower stability and higher mobility. For this reason, the risk of dangerous phenomena increases sharply in the areas occupied by technogenic geological bodies. The study of the general patterns of development of the consequences of the lithosphere technogenesis was carried out on the basis of an analysis of an extensive data set. The subject of the study was simultaneously the processes of formation of new structures in the earth's crust and the dangerous consequences of their occurrence. The structure and dynamics of technogenic geological bodies are significantly different than those of elements of the natural geological environment. This necessitates the development of new methodological approaches to their study. There are two main categories of technogenic bodies: firstly, accumulations of various foreign materials located in the earth's crust or on its surface and, secondly, transformed rocks. In both cases, the emergence of technogenic geological bodies poses a threat to the population and the environment. As the analysis of the research results showed, the greatest danger was a decrease in the density of the transformed geological environment and the formation of karsts. Landslides, mudflows and collapses were also forming in places of large-scale waste accumulation. Even more catastrophic consequences were causing by earthquakes determined by the technogenic transformation of the geological environment.

Keywords: technogenic geological body; lithosphere; second geology; destabilization of geological environment

REFERENCES

1. Vardoulakis I. Catastrophic landslides due to frictional heating of the failure plane. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. 2015; 5: 443–467.
2. Qin L., Shuang F., Zhu H. Research on the technological architectural design of geological hazard monitoring and rescue-after-disaster system based on cloud computing and Internet of things. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. 2018; 9: 684–695.
3. Sheko A.I. Genetic classification of exogenous geological hazards. *Natural hazards of Russia*. Moscow: KRUK; 2002: 11–17 (in Russian).

4. Suzdaleva A.L. Second geology – the science about technogenic bodies of the lithosphere. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2020; 3(141): 175–177 (in Russian).
5. Fedorsky M.S., Shavrin I.A., Poplavnaya A.I. Ecological and geological research of solid waste dump. In *Earth and related environmental sciences. 4-th International scientific-practical conferences*. Minsk: BGU, 2018: 129–133(in Russian).
6. Zubova L.G., Zubov A.R., Vorobiev S.G., Sivolap S.I., Kharlamova A.V., Zubov A.A. Optimization of waste heaps of landscapes. Lugansk: Publ. VNU; 2010 (in Russian).
7. Ivonin V.M., Yegoshin A.V. Reclamation of toxic ground dumps. *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2014; 1(13): 130–146 (in Russian).
8. Zubov A.R., Ulshin V.A., Zubov A.A., Zubova L.G. The modeling of the process of disinflations of the waste rock of coal mines and tehnogenic contamination of Donbass soils. *AgroChemistry and Soil Science*. 2012; 77: 52–56 (in Russian).
9. Mokhonko V.I. Evaluation of the influence of technogenic factors to intensification of chalk-marlykarstogenesis. *Pervyj nezavisimyj nauchnyj vestnik*. 2015; 1: 52–57 (in Russian).
10. Kuchukov E.Z., Filkin N.A., Laukhin S.A. To the hazard assessment of geological, engineering-geological and technogenic processes in the design, construction and operation of engineering structures in an urbanized territory. In *Engineering geology and geocology. Fundamental problems and applied problems* Moscow: Publ. RUDN; 2016: 310–314 (in Russian).
11. Osipov V.I., Baryakh A.A., Sanfirov I.A., MamaevYu. A., Yastrebov A.A. Hydrogeomechanical conditions of karst sinkhole formation in the area of potassium mines in Berezniki town, Perm Krai. *Environmental geoscience*. 2016; 2: 142–148 (in Russian).
12. Adushkin V.V., Turuntaev S.B. Technogenic seismicity – induced and trigger. Moscow: IDG RAN; 2015 (in Russian).