

УЧЕТ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОЦЕНКЕ ГЛОБАЛЬНОЙ, ТЕХНОГЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.А. Харькина, О.С. Барыкина

*ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
геологический факультет, Москва, Российская Федерация, kharkina@mail.ru,
barykina@geol.msu.ru*

Аннотация: Геодинамическую информацию поставляют разделы наук геологического цикла: эндогеодинамика, экзогеодинамика и экологическая геодинамика. Глобальная безопасность в эндогеодинамике определяет особенности существования планеты и рассматривает геологическую систему Земли; техногенная безопасность в инженерной геодинамике оценивает устойчивость зданий и сооружений при проявлении эндогенных и экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов; экологическая безопасность в экологической геодинамике связана с последствиями проявления процессов разного генезиса в абиотических сферах Земли для биоты, включая человека. Представлены последствия крупнейшего извержения вулкана Шивелуч, произошедшего на Камчатке весной 2023 года, которое нарушило техногенную и экологическую безопасность региона.

Ключевые слова: инженерные изыскания, вулканизм, выброс пепла, сооружения, аварии, экологические последствия.

Эндогеодинамика и глобальная безопасность. Глобальная безопасность планеты тесно связана с вопросами происхождения воды на планете и зарождением жизни. Создавая общую модель геологической истории Земли, исследователи сталкиваются с рядом вопросов: как и когда появилась первая вода на поверхности Земли, когда появились первые океаны как крупные депрессии с водой на коре океанического типа, как во времени менялся объем океана, какие изменения происходили в химическом составе подземных и поверхностных вод.

Вопросы, рассматриваемые эндогеодинамикой, как правило, выходят за рамки изыскательских работ. Геологические процессы в эндогеодинамике исследуются в естественной природной геологической системе. Планетарная безопасность, создающая условия существования нашей планеты и в конечном итоге социума, обеспечивается движением тектонических плит, формированием и развитием рифтов, магматизмом, дегазацией Земли, исключением столкновения метеоритов с нашей планетой и другими процессами. Вопросы глобальной безопасности тесно связаны с массовыми вымираниями организмов в прошедшие геологические эпохи. Известно, что на рубеже мел-палеогенового периода произошел крупный спад биоразнообразия и вымерло 16% семейств морских животных и 18% семейств сухопутных позвоночных, связаны с проявлением геологических процессов. Причиной этого события могло быть либо мощное усиление траппового вулканизма на территории Индостана, в результате чего образовались деканские траппы [1], либо импактного события (падения астероида на полуострове Юкатан) [2].

На современном этапе развития Земли глобальная безопасность во многом определяется интенсивностью процессов вулканизма. Известно, что наиболее мощным в

истории человечества был взрыв вулкана Тамборо в Индонезии в апреле 1815 г. [3]. Извержение вулкана продолжалось два с половиной месяца, а объем выброшенного материала составил 150-180 км³, за счет этого высота вулкана уменьшилась на 1,5 км и на его месте образовалась кальдера диаметром 7 км и глубиной 600 м. Извержение привело к гибели почти 100 тысяч человек, включая погибших от последовавших болезней и голода. Планетарный масштаб катастрофы подтверждает факт понижения температуры на Земле примерно на 1-2°С.

Экзогеодинамика и техногенная безопасность. Обеспечение устойчивости зданий и сооружений при проявлении эндо- и экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов рассматривается в рамках экзогеодинамики. Геодинамическая информация о проявлении землетрясений, вулканизма, снежных лавин, оползней, карста, просадках поверхности, абразии, переработке берегов водохранилищ может быть получена в ходе инженерно-геологических и гидрометеорологических изысканий. XXI век характеризуется нарастающими темпами строительства ответственных сооружений, как подземных, так и наземных, при постоянном увеличении значения своевременных инженерно-геологических исследований. Однако встречаются случаи неправильных проектных решений или проведения строительства, обусловленные недостаточной изученностью инженерно-геологических условий, которые приводят к дополнительным расходам, ущербу, деформациям и разрушению сооружений. Широко известна катастрофа, связанная с грандиозным оползнем (объемом до 300 млн. м³) у плотины Вайонт в Италии [4]. Этот оползень начал формироваться в 1960 г., когда появились трещины на склоне, а в октябре 1963 г., после продолжительных дождей произошел быстрый оползень, который заполнил чашу водохранилища, вызвав гигантскую волну, которая перелилась через плотину, не разрушив её. Ниже плотины возник катастрофический паводок, разрушивший г. Лонжерон и приведший к гибели сотен людей. В практике инженерно-геологических изысканий в пределах городов неоднократно встречались случаи неудачных планировочных решений и деформаций зданий. Неравномерная осадка Пизанской башни (Италия), продолжавшаяся несколько столетий, вследствие уплотнения молодых глинистых грунтов под нагрузкой 5 кг/см², достигла величин в северной части 1,2 м, а в южной около 3 м. Размещение городской застройки на водонасыщенных малолитифицированных глинистых и торфяных отложениях старичных и озерных фаций привело в гг. Архангельск, Новокузнецк и др. к значительным непредусмотренным осадкам и деформациям зданий, к дополнительным затратам по укреплению их оснований [5]. К катастрофическим последствиям привел быстрый оползень 1971 г. объемом 7 млн. м³ в долине р. Пети-Брасс (Канада), возникший в верхнеплейстоценовых морских «подвижных» глинах, слагающих террасу с выровненной поверхностью, в пределах которой по внешним признакам не предполагалось оползневых смещений. Схожий механизм привел к оползню, произошедшему летом 2020 г. в коммуне Алта (Норвегия), который унес в море восемь домов. Оползни разжижения возникают в областях развития малолитифицированных глинистых отложений, преимущественно морского генезиса (Скандинавия, Канада).

Приведенные примеры показывают, что при недостаточной изученности инженерно-геологических условий могут возникнуть ситуации, грозящие значительными потерями и опасными последствиями. Задачи, содержание и последовательность получения геодинамической информации являются вопросами инженерно-геологических изысканий.

Экологическая геодинамика и безопасность живых организмов. Безопасность в данном случае определяется экологическими последствиями проявления процессов в

литосфере, атмосфере, гидросфере. Информации по интенсивности и распространению геологических и гидрометеорологических процессов получают в процессе изыскательских работ.

В СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания. Общие правила производства работ» процессы в абиотических сферах Земли подразделяются по экологическим последствиям на четыре группы: катастрофические и опасные, неблагоприятные и благоприятные. Для обеспечения экологической безопасности наиболее важны первые две группы процессов, которые при максимальной интенсивности проявления угрожают жизни. *Катастрофические процессы* представляют непосредственную угрозу жизни и характеризуются неопределенностью момента возникновения и высокой интенсивностью проявления. Статистика их проявлений в мире за период 2018-2021 гг. свидетельствует о том, что по количеству жертв среди населения первое место занимают наводнения, затем следуют циклоны и оползни [6].

При максимальной интенсивности проявления к катастрофическим процессам относятся и извержения вулканов, которые происходят и в наши дни. Так, весной 2023 года на Камчатке произошло извержение вулкана Шивелуч с выбросом пепла на высоту до 15 км. По данным института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, извержение Шивелуча в ночь на 11 апреля достигло пароксизмальной стадии (схода потоков раскаленной массы со склонов). Видеонаблюдения за вулканом были затруднены из-за непогоды, шел снег, метель. По расчетам, высота пеплового облака составила 15 км. Вулкану был присвоен наивысший код опасности для авиации - красный. Существовала опасность перекрытия раскаленными потоками пепла автотрассы Петропавловск-Камчатский - Усть-Камчатск. По информации института, небо в радиусе нескольких десятков километров от вулкана закрыла черная туча, гремел гром. Пеплопад угрожал и жителям в поселке Ключи в Усть-Камчатском районе, где проживает около 4 тыс. человек (рисунок 1).



Рисунок 1 - Последствия пеплопада в поселке Ключи (Камчатка) весной 2023 г. [7].

По расчётам специалистов Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, облако пепла размером 400 на 250 километров некоторое время двигалось в западном направлении. Из-за этого, населённые пункты Ключи, Майское и Козыревск покрылись толстым слоем пепла. Толщина пепельного слоя в посёлке Ключи составляла 8 сантиметров (рисунок 2). Находиться на улице было опасно, поэтому 11 апреля школьные уроки проводились удалённо.



Рисунок 2 - Мощность выпавшего пепла в пос. Ключи (Камчатка) при извержении вулкана Шивелуч в 2023 г. [7].

Опасные процессы оказывают непосредственное воздействие (механическое, химическое и др.) на литосферу и только опосредованно, через ее изменение или разрушение, на флору, живые организмы и человека. Так опосредованное воздействие может приводить к необходимости отнесения крупных территорий к зоне экологического бедствия или даже катастрофы, обусловить многочисленные жертвы, включая человеческие, в результате голода, инфекционных заболеваний, разрушения или захоронения стационарных поселений. Опасные процессы могут приводить к бедствиям регионального, а также локального масштабов. Именно с этой группой процессов связаны потери качества и самого ресурса геологического пространства в региональных масштабах. Нередко такие процессы называют «ползучими катастрофами». Яркими представителями таких процессов являются опустынивание, овражная эрозия, карст, абразия, дефляция, заболачивание и др.

Таким образом, инженерная и экологическая геодинамики, исследующая закономерности проявления геологических и инженерно-геологических процессов, определяет, соответственно, глобальную, техногенную и экологическую безопасность. Без учета геодинамической информации, большая часть которой может быть получена в ходе изыскательских работ, невозможна оценка глобальной, техногенной и экологической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красилов, В.А. Модель биосферных кризисов / В.А. Красилов / Под ред. А.Г. Пономаренко, А.Ю. Розанова // В сб. статей «Экосистемные перестройки и эволюция биосферы». - Вып. 4. – М.: Изд-во Палеонтологического института РАН, 2001. - С. 9-16.
2. Алексеев, А.С. Массовые вымирания в фанерозое: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. Наук / А.С. Алексеев. – М., МГУ им. М.В. Ломоносова, 1998.
3. Короновский, Н.В., Земля. Метеориты, вулканы, землетрясения / Н.В. Короновский. – Фрязино: Век 2, 2014.
4. Мюллер, Л. Оползень в долине Вайонт. Проблемы инженерной геологии. - Вып. 4 / Л. Мюллер. – М., 1967.
5. Золотарев Г.С., Инженерная геодинамика / Г.С. Золотарев. – М.: Изд-во МГУ, 1983.
6. Глобальная, техногенная и экологическая безопасность, роль эндо-, экзо- и техногеодинамики Земли / В.Т. Трофимов, М.А. Харькина, О.С. Барыкина, В.С. Королев // ГеоРиск. - 2022. – Т. XVI. - № 1.
7. Ганиев, Р. Извержение вулкана Шивелуч на Камчатке в 2023 году / Р. Ганиев [Электронный ресурс]: URL: <https://hi-news.ru/> (дата обращения 13.07.2023).

CONSIDERATION OF GEODYNAMIC INFORMATION IN THE DESIGNATION OF GLOBAL, TECHNOGENIC AND ENVIRONMENTAL SECURITY

M.A. Kharkina, O.S. Barykina

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology,
Moscow, Russian Federation, kharkina@mail.ru, barykina@geol.msu.ru*

***Abstract:** Geodynamic information is provided by the sections of geological cycle sciences: endogeodynamics, exogeodynamics and ecological geodynamics. Global safety in endogeodynamics determines the peculiarities of the planet's existence and considers the geological system of the Earth; technogenic safety in engineering geodynamics assesses the stability of buildings and structures in the manifestation of endogenous and exogenous geological and engineering-geological processes; ecological safety in ecological geodynamics is related to the consequences of the manifestation of processes of different genesis in the abiotic spheres of the Earth for biota, including humans. The consequences of the largest eruption of the Shiveluch volcano that occurred in Kamchatka in the spring of 2023, which violated the technogenic and ecological safety of the region, are presented.*

***Key words:** Engineering surveys, volcanism, ash emission, structures, accidents, environmental impacts.*