

УДК 55; 504; 514

В.Т. Трофимов¹, М.А. Харькина²

О НЕОБХОДИМОСТИ И ОСОБЕННОСТЯХ ИЗУЧЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Определены недостатки нормативной базы по вопросам изучения гидрометеорологических и геологических процессов при инженерно-экологических изысканиях. Обоснована необходимость антропоцентрической и биоцентрической идеологии при их проведении. Определены принципы экологически ориентированных оценок гидрометеорологических и геологических процессов в ходе проведения инженерно-экологических изысканий.

Ключевые слова: геологические и гидрометеорологические процессы, изыскания, нормативы, критерии, систематики, угроза жизни, человек, сохранность почвы, растения.

The limitations of regulatory framework for the study of hydro meteorological and geological processes in engineering ecological surveys are determined. The necessity of combination of anthropocentric and biocentric ideology during surveys is justified. The principles of ecologically oriented evaluations of hydro meteorological and geological processes during engineering ecological surveys are defined.

Key words: geological and hydrometeorological processes, surveys, standards, criteria, systematizations, threat to life, human being, preservation of soil, plants.

Введение. Подавляющее большинство катастроф с тяжелыми экологическими последствиями на построенных объектах связано с развитием геологических и гидрометеорологических процессов природного или техногенного генезиса. Катастрофы, обусловленные этими причинами, отмечаются при горнодобывающей деятельности, функционировании и создании гидротехнических, городских и транспортных комплексов. Это обусловлено как природой таких процессов (интенсивность, внезапность и т.п.), так и неудачным размещением населенных пунктов в зоне их влияния. Причиной катастрофы может быть игнорирование накопленного опыта изысканий или незнание закономерностей проявления геологических и гидрометеорологических процессов.

Выделения метана в угольных шахтах практически во всех основных угольных бассейнах мира являются причиной подземных взрывов газа, приводящих к групповому смертельному травматизму шахтеров. Достаточно сказать, что скорость движения волны внезапного выброса газа достигает 15–30 м/с [Малышев и др., 2000]. По данным специалистов ИПКОЕ РАН, в XX столетии при авариях, связанных с внезапными выбросами и взрывами газа в шахтах мира, погибли около 100 000 шахтеров. Например, в 1998 г.

на шахте «Центральная Воркутауголь» от взрыва метана погибли 27 человек.

В результате Нефтегорского техногенно обусловленного землетрясения с магнитудой 6,8 на севере Сахалина в 1995 г., возникшего через 30 лет после начала разработки Первомайского нефтяного месторождения, погибли 2 тыс. человек [Кофф, Чеснокова, 1997]. (Ситуацию усугубило ночное время проявления сейсмических толчков, а также проживание населения в несейсмостойких крупноблочных пятиэтажных домах застройки 60-х гг. прошлого века.)

Печальную известность приобрело землетрясение в районе г. Койнанагар (Индия). Ранее этот участок Деканского плоскогорья считался асейсмичным. Землетрясение было инициировано созданием водохранилища Койна с плотиной высотой 103 м и объемом водохранилища 2,78 км³. В ночь с 10 на 11 декабря 1967 г. сейсмический толчок силой 8 баллов MSK-64 (магнитуда 6,3) в эпицентре разрушил 80% домов в г. Койнанагар. Погибли около 200 человек, свыше 1500 человек остались без крова [Горшков, 1998].

К основным причинам аварий на хвостохранилищах относятся нарушение водного баланса (перелив воды через плотину) и фильтрационной прочности тела плотины, сейсмические нагрузки, суффозия, потеря устойчивости откосов в связи с проявлением

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, зав. кафедрой, профессор; *e-mail:* trofimov@geol.msu.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра инженерной и экологической геологии, ст. науч. с, доцент; *e-mail:* kharkina@mail.ru

оползней и др. В результате динамических нагрузок, которые проявляются при землетрясениях, все хвосты имеют склонность к разжижению, становясь жидкостью с высоким удельным весом, способным разрушить валы или плотину. Если ограждающие сооружения тоже состоят из хвостов, то происходит разжижение и этих сооружений. По данным С.Н. Гузенкова [Гузенков, 2007], в результате излива хвостов по сейсмогенным причинам погибли 268 человек на хвостохранилище Става (Италия) и 89 человек на хвостохранилище Муфулира (Замбия), а причиной гибели 17 человек на хвостохранилище Мерриспрут (ЮАР) стал оползень.

Сели постоянно угрожают шахтерскому г. Тырныауз (Кабардино-Балкария), который из-за недостатка ресурсов для расселения расположен в конусе выноса селевых масс. Наиболее мощные сели были в 1964, 1977 и 2000 гг. В 1977 г. сель уничтожил более 30 домов в центре города, а в июле 2000 г. по руслу р. Герхажан в течение недели сошло четыре селевых потока, разрушивших три каскада железобетонных селеуловителей и создавших на р. Баксан искусственную дамбу, что вызвало наводнение в нижней (большей) части города. Все первые этажи зданий оказались затоплены водой. В результате рухнул девятиэтажный дом, погибли 8 человек.

Известно крушение поезда, произошедшее 18 июля 1948 г. в результате схода оползня объемом 600—800 м³. Оползень ударил в середину состава поезда, остановившегося на 53-м километре железной дороги, проходившей по левому склону долины р. Ангара и соединявшей Иркутск со ст. Байкал³. Больших человеческих жертв удалось избежать, так как многие пассажиры вышли из вагонов. Сила удара оползневых масс в поезд была такова, что шпалы и рельсы снесло с основной площадки железной дороги, сам поезд сошел с рельсов, и лишь часть пассажиров, оставшихся в поезде, получили множественные травмы [Ломтадзе, 1977].

И.В. Поповым [Попов, 1959] описан провал двигавшегося трактора в карстовую полость, перекрытую рыхлыми породами, что привело к гибели тракториста. Это случилось в 1939 г. в Татарской АССР около г. Альметьевска. В геологической литературе этот провал получил название Акташского. Конечно, этот случай обусловлен природными причинами — карстовыми процессами и наличием ранее сформировавшейся подземной полости. Но он чрезвычайно важен, так как четко показывает роль даже небольшого техногенного воздействия в создании и реализации провала.

Приведенные примеры подтверждают необходимость изучения природных и техногенных процессов при инженерно-экологических изысканиях. Однако в нормативной базе на эти вопросы обращено неоправданно мало внимания.

Нормативная база оценки современных процессов при инженерных изысканиях. Нормативные документы на изыскательские работы содержат определенную информацию, касающуюся изучения природных и техногенных геологических и гидрометеорологических процессов (таблица). Однако они не регламентируют перечень и состав работ, масштабы картирования, виды мониторинга и список параметров для наблюдений за развитием процессов при инженерно-экологических изысканиях. Исключение составляет только СНиП 22-01-95, в котором, несмотря на его «геофизическое» название, в рекомендуемом приложении определены четыре категории опасности 20 геологических процессов с ранжированием нескольких критериев оценки для каждого из них.

Достоинства и недостатки нормативных документов при изучении экологически значимых геологических и других процессов (П)

Документ	Достоинства	Недостатки
СНиП 11-02-96. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Общие положения	Предусмотрена возможность изучения П в составе других видов (инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических) изысканий	Не содержат конкретных указаний на необходимость оценки экологических последствий проявления П.
СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания		Не содержит перечня и состава работ по изучению П
СНиП 22-01-95. Геофизика опасных природных воздействий	Выделены категории опасности П; нормированы геологические (абиотические) показатели оценки П	Не предусмотрены биотические показатели оценки П, оценки влияния П на биоту
ТСН 30-308-2002. Проектирование, строительство и рекультивация полигонов твердых бытовых отходов	П упомянуты как участки со сложными условиями, исключаящими размещение полигонов ТБО	Не предусмотрен контроль за П в составе экологического мониторинга

В СП 11-102-97, непосредственно разработанном для проведения инженерно-экологических изысканий, предусмотрена лишь возможность изучения процессов в составе других видов изыскательских работ (инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических). В нем упоминается только необходимость выявления опасных процессов и явлений при дешифрировании аэрокосмоснимков (п. 4.3) и при организации стационарных экологических наблюдений (п. 4.89).

Не лучше обстоит дело и с учебниками, где рассмотрены теоретические основы и методика изыскательских работ [Бондарик, Ярг, 2007]. При изложении экологических проблем при изысканиях геологические процессы практически исключены из рассмотрения.

³ Ныне эта железная дорога не существует, так как затоплена при создании Иркутского водохранилища.

Об идеологии подходов к оценке экологически значимых современных геологических и гидрометеорологических процессов. Идеология всех изыскательских работ основана на позиции антропоцентризма. Не представляют исключения и инженерно-экологические изыскания [Трофимов, 2011]. Оценка экологической роли рассматриваемых процессов требует дифференцированного подхода к определению их влияния на различных представителей биоты, поскольку существуют отличия в пространственном распространении и списочном составе природных процессов, угрожающих жизни. Необходимо не только *антропоцентрический подход*, где в центре исследований стоит человек, но и *биоцентрический подход*, где главенствующее место занимают представители животного мира и растительность. Особенно это касается малообжитых районов, где инженерно-экологические условия исследуются на предпроектных этапах строительства, в частности при прокладке трубопроводов в малодоступных районах с низкой плотностью населения.

Антропоцентрический подход к оценке геологических и других природных процессов на территории России [Харькина, 2011] позволил установить, что массовая гибель людей (единовременная гибель свыше 10 человек) происходит при большой скорости развития процесса, высокой плотности населения и отсутствии систем своевременного оповещения населения, а также защитных сооружений. На территории России массовая гибель людей возможна при полномасштабном проявлении наводнений, землетрясений, цунами и селей (рис. 1). Эти события прогнозируются при проявлении 9-балльных землетрясений в Байкальской рифтовой зоне, на Сахалине и в Приморье. Катастрофические цунами возможны на восточном побережье Камчатки. На Кавказе и Камчатке тяжесть экологических последствий может быть усилена за счет проявления селей с объемом выноса твердой массы около 1 млн м³. Многочисленные жертвы возможны при катастрофических наводнениях на отдельных участках рек Ока, Вятка и Сосна в европейской части России, на Лене, Енисее и Тоболе и их притоках в азиатской части страны. Список природных процессов и явлений, приводящих к единичным человеческим жертвам и большим материальным потерям, существенно длиннее и помимо вышеупомянутых явлений включает смерчи, нагоны, быстрые оползни, карстовые провалы и экстремально низкие значения температуры.

Биоцентрический подход к оценке геологических и других природных процессов подразумевает их рассмотрение с позиции комфортности существования животных (зооцентрический подход) и произрастания растений (фитоцентрический подход). Зооцентрический подход в настоящее время практически не разработан. Фитоцентрический подход к оценке геологических процессов определяет их с позиции сохранности почвы. В отличие от человека, способного воспользоваться достижениями цивилизации,

смягчить пагубные для себя последствия или избежать их, растения зависят от состояния почвы, именно она служит источником питательных соединений и биофильных элементов, а ее сохранность и плодородие — основной экологический критерий в оценке состояния фитоценозов.

Для территории России в перечень природных процессов, протекающих с уничтожением почвы и угрожающих массовой гибели растений, входят засухи, смерчи, интенсивные дожди, пыльные бури, градобития, сели, смерчи, а также пожары на торфяниках, изменяющие свойства верхних горизонтов литосферы в результате термического воздействия (почвенные покровы заменяются на вторичные пирогенные образования). Районы с возможной массовой гибелью растений сконцентрированы в основном в европейской части страны (рис. 2). Различия в тяжести экологических последствий обусловлены реакцией растений и человека на длительность воздействия геологических процессов. Для растений опасность убывает с уменьшением времени воздействия процессов, например, длительное затопление или засоление земель опаснее, чем кратковременное проявление землетрясений даже большой интенсивности. Для человека же эта зависимость часто обратная: длительно действующие процессы могут не представлять непосредственной опасности, так как, используя достижения научно-технического прогресса, можно избежать их пагубных последствий с помощью природоохранных мероприятий либо путем предупреждения и эвакуации населения.

О необходимости использования биотических критериев оценки геологических и гидрометеорологических процессов при инженерно-экологических изысканиях. В СП 11-102-97 отсутствует информация о подходах и способах оценки экологических последствий геологических процессов. Специфика оценки состояния экосистем требует использования не только традиционных абиотических критериев геологических процессов, определяющих состояние литосферы и хорошо проработанных в СНиП 22-01-95, но и биотических (медико-статистических, ботанических, микробиологических, зоологических), а также социально-экономических критериев, определяющих состояние живого при проявлении тех же процессов [Виноградов и др., 1993; Трофимов и др., 2007].

Существуют критерии, с помощью которых можно оценить тяжесть экологических последствий отдельно для человека, животных и растений. При антропоцентрическом подходе к оценке геологических процессов используются, как правило, медико-статистические (число погибших при катастрофе) и социально-экономические критерии. К последним относятся размер материального ущерба при проявлении землетрясений, наводнений, селей, доля домов с полной неработоспособностью систем жизнеобеспечения при проявлении тех же процессов, перенос жилых

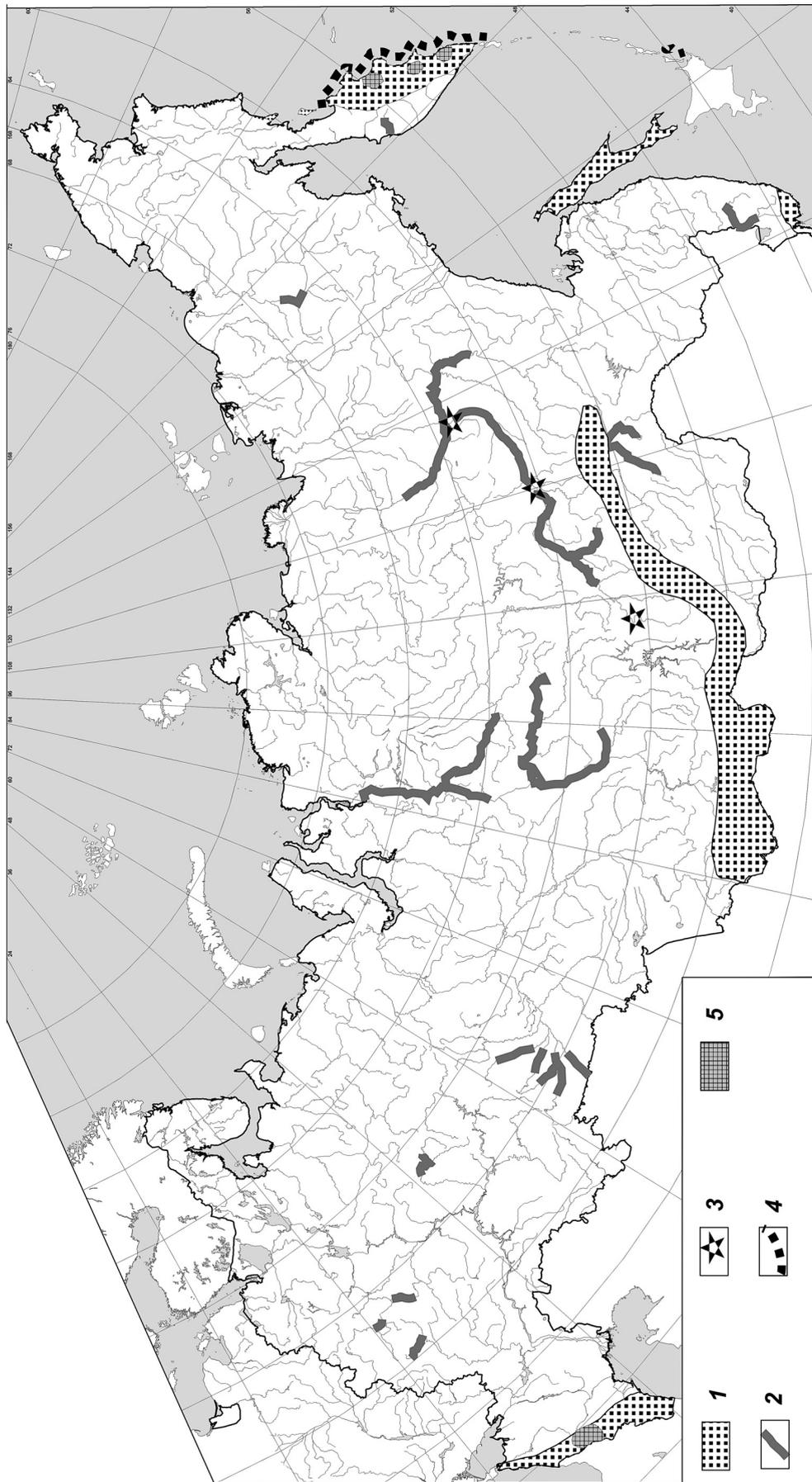


Рис. 1. Районы России с возможными массовыми человеческими жертвами при проявлениях: 1 — землетрясений ≥ 9 баллов MSK-64, 2 — наводнений с площадью затопления поймы до 90% и амплитудой колебания уровня воды больше 5 м, 3 — ледовых заторов в населенных пунктах высотой ≥ 5 м, 4 — цунами с высотой заплеска ≥ 4 м и дальностью проникновения волны на сушу до 2 км, 5 — селей с объемом выноса до 1 млн м³

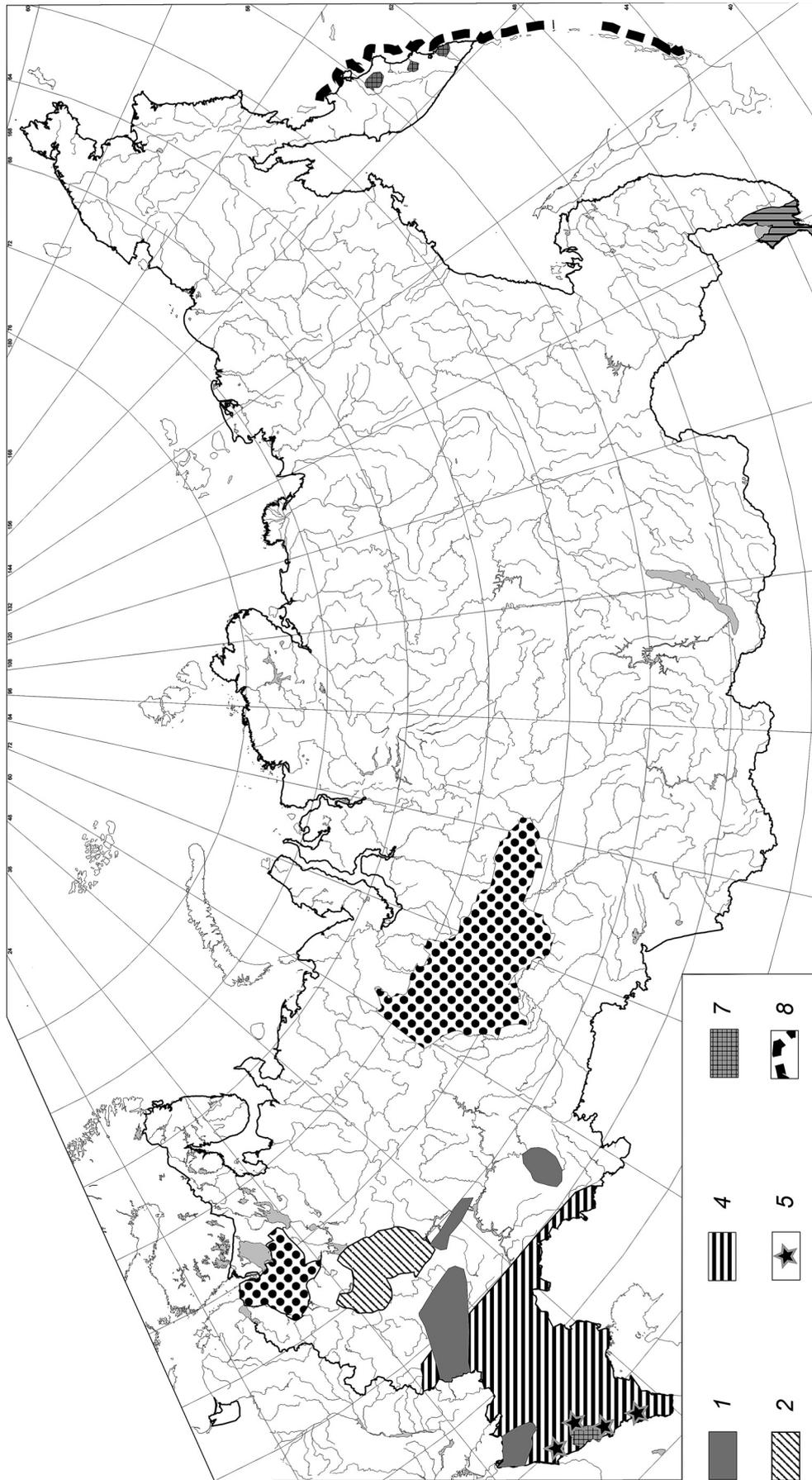


Рис. 2. Районы России с возможной массовой гибелью растений при проявлениях: 1 — засух с температурой на 20 °С выше среднеиюльской в течение 1 дня, 2 — смерчей со скоростью ветра ≥ 50 м/с, 3 — дождей с интенсивностью ≥ 178 мм/сут, 4 — пыльных бурь со скоростью ≥ 1 м/с и продолжительностью больше 6 ч., 5 — градобитий с площадью поражения 1 тыс. га и размером градин ≥ 20 мм, 6 — пожаров на торфяниках при загорянности больше 30%, 7 — селей с объемом выноса > 1 млн м³, 8 — цунами с дальностью проникновения волны на сушу до 1 км

домов (% от числа домов в населенном пункте) при проявлении оползней и селей, а также при оседании поверхности над подземными выработками и др. При фитоцентрическом подходе к оценке экологических последствий геологических процессов используют следующие критерии: проективное покрытие пастбищной растительности и плодородие почв (% от потенциального) при оценке эрозии, пыльных бурь и интенсивных дождей; потеря урожая ведущей культуры при проявлении засух, экстремально низких значений температуры, градобитий и др.

Экологически ориентированные классификации современных процессов. Большинство классификаций гидрометеорологических и геологических процессов составлено преимущественно по генетическому признаку. Только для оползней существует несколько десятков таких классификаций. По тому же генетическому принципу составлены и общие генетические классификации экзогенных геологических процессов: одна из последних разработана А.И. Шеко в 1980 г., а другая — Г.К. Бондариком в 1981 г. [Бондарик и др., 2007]. Все эти классификации не ориентированы на использование при инженерно-экологических изысканиях.

Существует систематика экзогенных геологических процессов в криолитозоне, составленная Л.С. Гарагулей по механизму и связи с теплообменом в породах [Основы геокриологии, 2008]. Эта систематика составляет хорошую основу для выявления зональных

и региональных закономерностей распространения процессов в зоне многолетнемерзлых пород, но малопригодна для оценки экологических последствий криогенных процессов.

Для инженерно-экологических изысканий необходимо использовать новые систематики гидрометеорологических и геологических процессов по принципу их воздействия на биоту. Классифицирование процессов целесообразно проводить по экологическим последствиям проявления природных и техногенных процессов с учетом антропоцентрического и биоцентрического подходов. По экологическим последствиям выделяют группы катастрофических, опасных, неблагоприятных и благоприятных процессы [Трофимов и др., 2007]. Принципы выделения групп процессов и их состав в пределах каждой группы различаются в антропоцентрической и биоцентрической систематиках.

Основной признак составления антропоцентрической систематики природных процессов — сохранность жизни и комфортность проживания человека (рис. 3). Из четырех выделенных групп процессов угрозу для жизни представляют катастрофические и опасные процессы. *Катастрофические процессы* (атмосферные вихри, ураганы, смерчи, землетрясения, цунами, извержения вулканов, сели, снежные лавины, оползни, обвалы, нагоны, провалы, аномальные газовыделения из субмаринных мерзлых толщ) характеризуются высокой скоростью протекания, локальным проявлением и неопределенностью момента возник-



Рис. 3. Систематика геологических процессов по характеру воздействия на человека

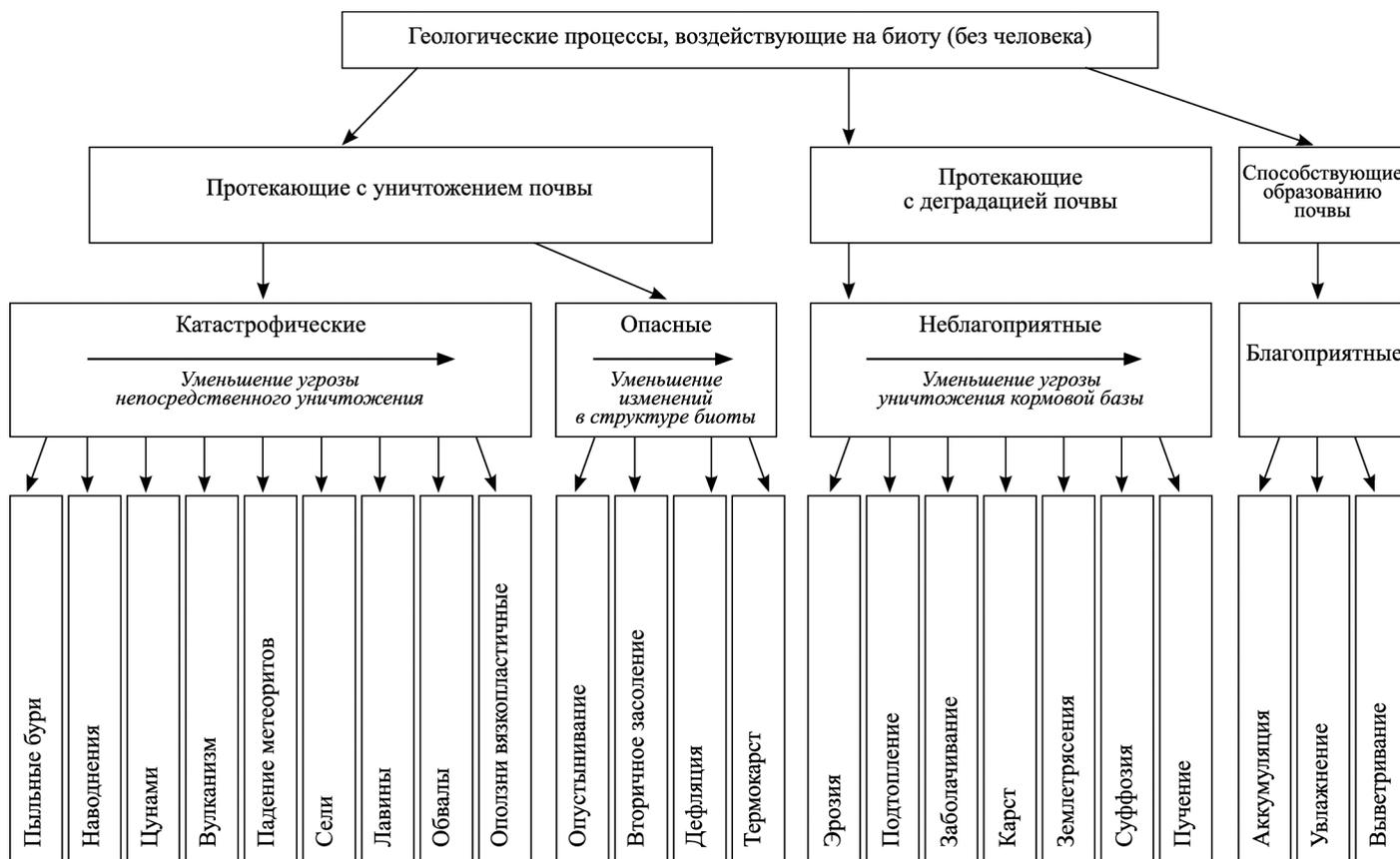


Рис. 4. Систематика геологических процессов по характеру воздействия на биоту (без человека). Курсивом показаны процессы, имеющие иное положение, чем на рис. 3

новения. Непосредственная угроза жизни возникает при полномасштабном проявлении этих процессов, высокой плотности населения и относительно низком научно-техническом уровне развития общества, отражающем степень разработанности систем прогноза предупреждения населения о приближающейся катастрофе [Трофимов, Зилинг, 2002]. Например, во второй декаде 2001 г. при катастрофическом наводнении на р. Лена (Якутия), когда уровень воды в Ленске поднялся более чем на 19 м, многочисленных жертв среди населения удалось избежать за счет эвакуации 50 305 человек [Воробьев и др., 2003]. Но даже высокий уровень научно-технического прогресса не всегда позволяет предупредить катастрофу, например при катастрофическом цунами, обрушившемся на тихоокеанское побережье Японии 11.03.2011. Несмотря на существование технически хорошо оснащенной японской службы предупреждения цунами, тяжелых экологических последствий, связанных с гибелью 15 601 человека [Шанина, 2011], избежать не удалось, так как время пробега сейсмогенной волны цунами от эпицентра землетрясения до японского побережья составило всего 5–10 мин.

Опасные процессы (опустынивание, овражная эрозия, карст, абразия) характеризуются невысокой скоростью протекания и растянутостью во времени, иногда они сопоставимы с человеческой жизнью. Человек может избежать их пагубных последствий, сменив

место жительства. *Неблагоприятные процессы* (заболочивание, подтопление, боковая и донная эрозии, суффозия, пучение, наледообразование, морозобойное растрескивание, солифлюкция и сплывы) снижают комфортность проживания человека и воздействуют опосредованно через разрушение инженерных сооружений. *Благоприятные процессы* (аккумуляция, увлажнение, осушение) повышают качество ресурса геологического пространства.

Основной признак составления биоцентрической систематики природных процессов (рис. 4) — сохранность почв, определяющая условия произрастания растений и сохранение кормовой базы животных. Среди процессов, протекающих с уничтожением (захоронением) почвы, выделены группы катастрофических и опасных процессов. Первая группа процессов непосредственно угрожает существованию биоты, вторая — не несет прямой и быстрой угрозы, но может привести к деградации экосистемы, кардинально изменив структуру биоты. Процессы, протекающие с деградацией почвы, объединены в группу неблагоприятных процессов. Они угрожают существованию кормовой базы. И наконец, выделяются процессы, способствующие образованию почв (выветривание, аккумуляция, увлажнение), они выделены в группу благоприятных процессов.

Выводы. 1. Нормативная база инженерно-экологических изысканий нуждается в совершенствовании.

В ней должна быть четко заявлена необходимость оценки экологического значения последствий развития современных геологических и гидрометеорологических процессов. При этом необходимо использовать не только традиционные геологические (абиотические), но и биотические критерии.

2. Оценка экологических последствий современных процессов требует дифференцированного под-

хода к их воздействию на социум и остальную биоту. В связи с этим на урбанизированных территориях необходимо использовать биотическо-антропоцентрический, а на слабоосвоенных — биоцентрический подход. Но в обоих случаях нужно оценивать последствия воздействия как техногенных, так и природных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика: Учебник. М.: КДУ, 2007. 440 с.

Бондарик Г.К., Ярг Л.А. Инженерно-геологические изыскания: Учебник. М.: КДУ, 2007. 424 с.

Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.Б. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Изв. РАН. Сер. геогр. 1993. № 5. С. 77—79.

Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. М.: ООО «ДЭКС-ПРЕСС», 2003. 352 с.

Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск: СГУ, 1998. 448 с.

Гузенков С.Н. Аварии на хвостохранилищах, причины аварий // Вопросы осушения, горнопромышленной геологии и охраны недр, геомеханики, промышленной гидротехники, геоинформатики, экологии: Мат-лы 9-го Международ. симп. Белгород, 21—25 мая, 2007. Белгород, 2007. С. 296—305.

Кофф Г.Л., Чеснокова И.В. Информационное обеспечение страхования от опасных природных процессов (на примере землетрясений). М.: Политекс, 1997.

Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: Недра, 1977. 478 с.

Мальшев Ю.Н., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментальные и прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М.: Изд-во Академии горных наук, 2000. 519 с.

Основы геокриологии. Ч. 6. Геокриологический прогноз и экологические проблемы в криолитозоне / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 768 с.

Попов И.В. Инженерная геология. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1959. 509 с.

Трофимов В.Т. О необходимости совершенствования идеологии инженерно-экологических изысканий и геологизации их содержания // Инженерные изыскания. 2011. № 9. С. 22—28.

Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология: Учебник. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2002. 415 с.

Трофимов В.Т., Харьковина М.А., Григорьева И.Ю. Экологическая геодинамика: Учебник. М.: КДУ, 2007. 473 с.

Харьковина М.А. К вопросу об оценке эколого-геологических условий России, обусловленных современными геологическими и другими природными процессами // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2011. Т. 86, вып. 4. С. 81—90.

Шанина В.В. Обзор опасных природных явлений за третий квартал 2011 года // Геориск. 2011. № 3. С. 4—9.

Поступила в редакцию
24.04.2013