

экзогенных геологических процессов не ожидается. Оценка опасной ситуации учитывается при прогнозировании на региональном уровне. На региональном уровне уточняется ситуация и дается прогноз заблаговременностью 1 год.

Особенно большое значение на современном этапе имеют прогнозы на локальном уровне. Это конкретные оползни или селевые бассейны. Прогнозирование оползней и селей на этом уровне особенно сложно и в настоящий момент менее всего разработано. Для получения необходимых данных требуется очень большой комплекс наблюдений, причем преимущественно инструментальных, а технология и методика этих наблюдений мало разработана. На этом уровне полевые исследования являются важнейшим этапом работ по составлению прогнозов.

Для прогнозирования на локальном уровне, прежде всего, необходимо изучение режима процессов, которое включает: 1) технологическую схему размещения и организации наблюдательной сети, состоящей из участков трех категорий; 2) комплекс методов режимных наблюдений на участках различных категорий; 3) регламент наблюдений; 4) методику обработки данных режимных наблюдений, составления временных рядов активности проявления ЭГП. Пример схемы мониторинга разработан применительно к территории Б. Сочи и Красной поляны.

Проведенные авторами исследования отражены в организационной схеме комплекса мероприятий по оценке и прогнозу опасных геологических процессов (ОГП) в горных районах интенсивного хозяйственного освоения.

Все изложенные методы работы по изучению и прогнозированию экзогенных геологических процессов нашли отражение в разработанных коллективом сектора ЭГП «Рекомендациях по формированию и реализации государственной политики в области прогноза опасных геологических процессов и явлений», составленных по заданию МПР России. Результаты работ института используются при осуществлении планов и программ оптимального освоения и эксплуатации территорий интенсивного проявления ЭГП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии. / Матер. метеорологических исследований. / Тр. Междувед. геофизического комитета при Президиуме АН СССР. — М., 1968.
2. Карта экзогенных геологических процессов России. Масштаб 1:2 500 000 / Пояснительная записка. / Шеко А.И., Круподеров В.С., Максимов М.М. и др. — М.: ВСЕГИНГЕО, 2001.
3. Карта подверженности населенных пунктов и объектов топливно-энергетического комплекса Урала и Западной Сибири воздействию экзогенных геологических процессов масштаба 1:2 500 000 / Шеко А.И., Гонсировский Д.Г., Круподеров В.С. / Ред. Вартамян Г.С. / 3 л. : цв. + Пояснительная записка на 15 с. - М.: ВСЕГИНГЕО, 2001.
4. Круподеров В.С., Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Особенности оценки опасности селей в эпоху аномальных климатических изменений // ГеоРиск. — Декабрь, 2007. с. 36–40.
5. Мальнева И.В., Крестин Б.М., Гонсировский Д.Г., Кононова Н.К. Оценка активности экзогенных геологических процессов в районе Большого Сочи и Красной поляны // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 6. — С. 29 – 33.
6. Методические рекомендации по составлению долгосрочных прогнозов экзогенных геологических процессов системе государственного мониторинга геологической среды / Шеко А.И., Постоев Г.П.,

- Круподеров В.С., Дьяконова В.И., Мальнева И.В., Парфенов С.И., Бондаренко А.А., Круглова Л.В. — М.: ВСЕГИНГЕО, 1999.
7. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности / Под ред. Кутепова В.М., Шеко А.И. — М.: КРУК, 2002.
8. Шеко А.И., Круподеров В.С., Постоев Г.П., Парфенов С.И. Вклад ВСЕГИНГЕО в изучение экзогенных геологических процессов // Разведка и охрана недр. — 1999. — № 12. — С. 53 – 56.

УДК 551.3

© Коллектив авторов, 2009

**Крестин Б.М., Мальнева И.В., Дьяконова В.И.
(ВСЕГИНГЕО), Кононова Н.К. (ИГ РАН)**

ЭКЗОГЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ПРИЧИНА ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ И ТЕНДЕНЦИИ ИХ РАЗВИТИЯ В XXI ВЕКЕ

*Рассмотрены наиболее значительные природные катастрофы XXI века, связанные с проявлением экзогенных геологических процессов, и тенденции развития этих процессов в ближайшие десятилетия. На основании развития циркуляционных процессов северного полушария предполагается значительная активность оползней, селей, абразии. **Ключевые слова:** оползни, сели, абразия, катастрофа, элементарный циркуляционный механизм, процессо-опасная погода.*

*The largest natural disasters of XXI century caused by manifestations of exogenic geological processes and tendencies of their development in the nearest decades are discussed. The observed development of circulation processes in the northern semi-sphere gives assumption to expect a considerable activation of landslides, mudflows, abrasion. **Key words:** landslide, mudflow, abrasion, disaster, elementary circulation mechanism, process-hazardous weather.*

В связи с глобальным изменением климата в последнее время наблюдается активизация природных катастроф, в том числе — связанных с проявлением опасных экзогенных геологических процессов. Это оползни, сели, абразия, с которыми связаны большие разрушения и гибель людей. Одной из причин значительной активизации указанных процессов являются современные особенности глобальной атмосферной циркуляции, с которыми связаны гидрометеорологические экстремумы, обуславливающие их активизацию. На территории России к наиболее опасным регионам проявления катастрофических процессов относятся Северный Кавказ, Тихоокеанский регион (Камчатка, Сахалин, Курильские о-ва).

На примере нескольких, наиболее значительных катастроф рассматриваются причины проявления опасных геологических процессов, прежде всего, оползней и селей, наиболее чувствительных к изменению погодных условий.

Начало XXI в. отмечено катастрофическими ледяными селями, прошедшими по реке Герхожан-су в Кабардино-Балкарии 18 — 25 июля 2000 г. (бассейн р. Баксан). В зоне поражения селями оказалось две трети г. Тырнауза, получили разрушения многочисленные здания и сооружения, имелись человеческие жертвы.

Важной причиной данной катастрофы явилась погода, определяющая режим и степень увлажнения территории и изменчивость температуры воздуха и соответственно состояние и свойства горных пород в бассейне селеопасной реки. Для количественной оценки характера погоды при оценке активности селей и оползней использована типизация атмосферных процессов северного полушария Б.Л. Дзердзеевского и др. [2], по которой все разнообразие циркуляционных процессов выражается 41 элементарным циркуляционным механизмом (ЭЦМ).

Для бассейна р. Герхожан-су наиболее опасны ЭЦМ 13л, 12а, а также 4б, 4в, 8а, 8г, 10б и др. При этом особенно опасным является ЭЦМ 13л, который приносит на Северный Кавказ интенсивные ливни, чередующиеся с жаркой погодой. В июле 2000 г., месяце проявления катастрофических селей, погода в бассейне р. Баксан также определялась ЭЦМ 13л. Были превышены пороговые критические значения показателей температуры воздуха, определяющие вероятность формирования селевого потока. Была нарушена устойчивость ледниково-моренного комплекса, очень большое значение имело таяние погребенных льдов. Положительные аномалии температуры воздуха наблюдались на очень большой территории.

В 2002 г. катастрофические проявления опасных природных процессов, оползней и селей наблюдались по всей территории Северного Кавказа, прежде всего, в низкогорье и предгорьях. Причиной катастрофы были сильные дожди, предположительно, 1 % обеспеченности, которые выпали за период с 29 мая по 8 июня и после 17 июня. Пострадала территория от Краснодарского края до Дагестана, сильные дожди вызвали паводки и селевые потоки. Следующий опасный период наступил в начале августа, когда пострададо Черноморское побережье и прилегающие горные территории. Это было проявление селей и массовая активизация оползней в поверхностных отложениях. Характер погоды также обусловлен соответствующим характером атмосферной циркуляции, значительной продолжительностью и частой повторяемостью ЭЦМ 12а, 13л и др. в периоды катастроф. При этом наблюдаются выходы южных циклонов, но при ЭЦМ 12а рядом проходит арктическое вторжение, что делает погоду особенно неустойчивой.

3 июня 2007 г. оползнем и селем была разрушена Долина гейзеров на Камчатке. Среди причин катастрофы называется аномальное тепло, раннее таяние ледников. Катастрофическая ситуация в значительной степени обусловлена циркуляционными факторами и особенностями погоды, характерными для них. Так, 19 дней в мае занимают летние типы: 8бл, 9а, 13л, что объясняет высокий

температурный фон. С 24 апреля температура не опускалась ниже 0° даже в ночные сроки, а минимальная стала положительной со 2 мая. Именно с этими ЭЦМ связано одно из ключевых событий, предшествовавшее катастрофе. 28 мая (ЭЦМ 9а) на Камчатку вышел, 29–30 мая (ЭЦМ 13л) бушевал и 31 мая (ЭЦМ 8бл) ее покинул бывший тайфун из южных широт, что вызвало резкое повышение температуры и обильные осадки, ускорившие таяние ледников.

Здесь рассмотрены наиболее значительные за последнее десятилетие катастрофы, связанные с оползнями и селями. Однако этот период был опасным не только в горных районах, но и на равнине. Хотя человеческих жертв, связанных с оползнями, не было, но разрушения и убытки были достаточно велики. В качестве примера можно привести активизацию оползней в Москве, на Карамышевской набережной. Здесь в 2006 г. создалась угроза для церкви Троицы Живоначальной и прилегающей территории. Активизация оползней в значительной степени также обусловлена погодными условиями последних лет, хотя здесь очень велика роль техногенного фактора. Техногенное воздействие усиливает негативное влияние погодных условий на активность оползней.

Таким образом, во всех рассмотренных природных катастрофах велика роль циркуляционных механизмов 12 и 13 типов, приносящих процессоопасную погоду.

Активизация природных катастроф в последнее время, в том числе связанных с проявлением указанных выше опасных экзогенных геологических процессов, вызвавших большие разрушения и гибель людей, не случайна. Как отмечено, одной из причин значительной активизации этих процессов является динамика атмосферной циркуляции северного полушария, возможные сценарии изменения характера которой были представлены авторами в работах [3, 5]. Тенденции изменения их активности в будущем в значительной степени зависят от изменения характера атмосферной циркуляции. В 2006 г. [3] с учетом происходящих изменений климата было предложено два сценария разви-

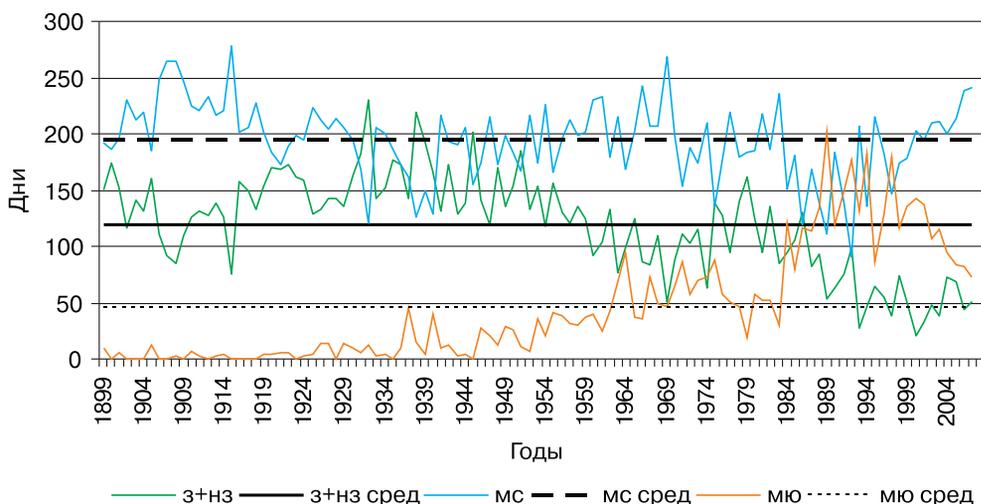


Рис. 1. Колебания годовой продолжительности групп циркуляции северного полушария в 1899–2007 гг.: меридиональной южной, меридиональной северной и зональной + нарушение зональности

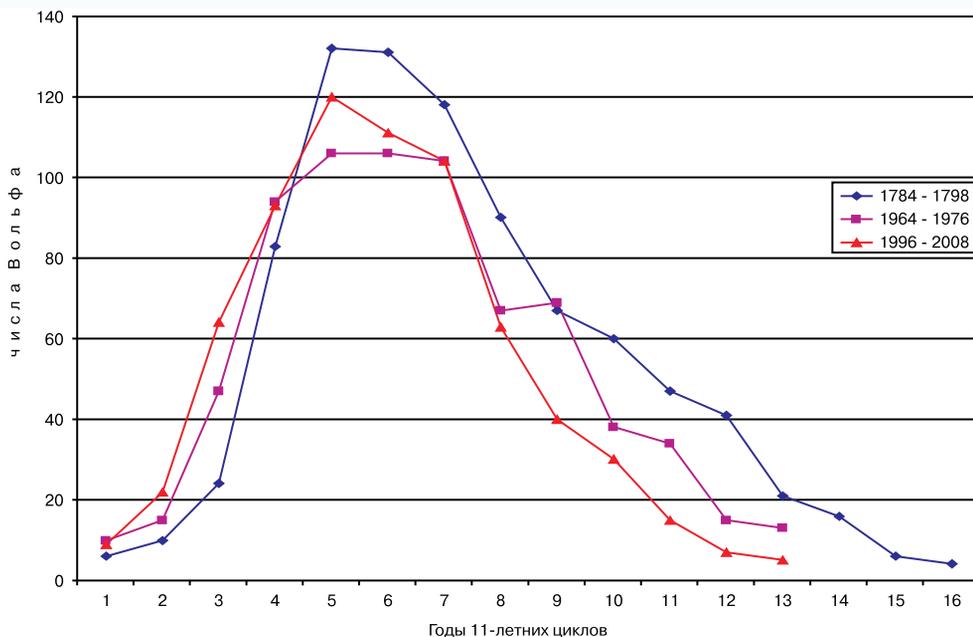


Рис. 2. Средние годовые значения чисел Вольфа за 1784 – 1798; 1964 – 1976 и 1996 – 2008 годы

тия метеорологически обусловленных опасных природных процессов на территории России.

1. Сохранение существующего положения: преобладает южная меридиональная циркуляция, повторяемость южных циклонов превышает среднюю, следствием чего является большая повторяемость погодных экстремумов и связанных с ними опасных природных процессов.

2. Увеличение продолжительности северных меридиональных процессов за счет южных меридиональных. Увеличение температурных контрастов на атмосферных фронтах, обострение фронтов, рост количества осадков и связанных с ними опасных природных процессов.

В настоящее время более вероятным является второй сценарий. Происходит постепенное уменьшение продолжительности южных меридиональных процессов (13з и 13л) и рост продолжительности северных мери-

диональных (особенно 12а, 12г), а в последние годы – и зональных процессов (рис. 1). Динамика продолжительности групп циркуляции в современный период ведет к установлению режима, наблюдавшегося в 1960-е годы: северная меридиональная группа снова оказывается самой продолжительной, а продолжительность южной меридиональной и зональной групп сближается. Этот период характеризовался некоторым понижением температуры на северном полушарии в целом после потепления 1930 – 1940 гг. и самым большим с конца XIX века количеством осадков. Осадки способствуют увеличению активности оползней

и формированию жидкой составляющей селей. В то же время еще достаточно велика продолжительность южных меридиональных процессов, при которых возможно повышение температуры, интенсивное таяние ледников и погребенных льдов, увлажнение морены за счет талых ледниковых вод. Для уточнения тенденции развития опасных геологических процессов был рассмотрен последний 23-й цикл чисел Вольфа – основного показателя солнечной активности. Сопоставление месячных значений этого цикла со всеми предшествующими позволяет отметить его сходство с циклом 1784 – 1798 и 1964 – 1976 гг. (рис. 2). В настоящее время продолжается спад активности даже в начале 2009 г. Только в марте 2009 г. произошел перелом и начался следующий, 24-й цикл. Минимум 23-го цикла очень затянулся. Вместе с тем, в год перелома в ходе солнечной активности очень велика опасность различных природных экстремумов [7], как это бывает в

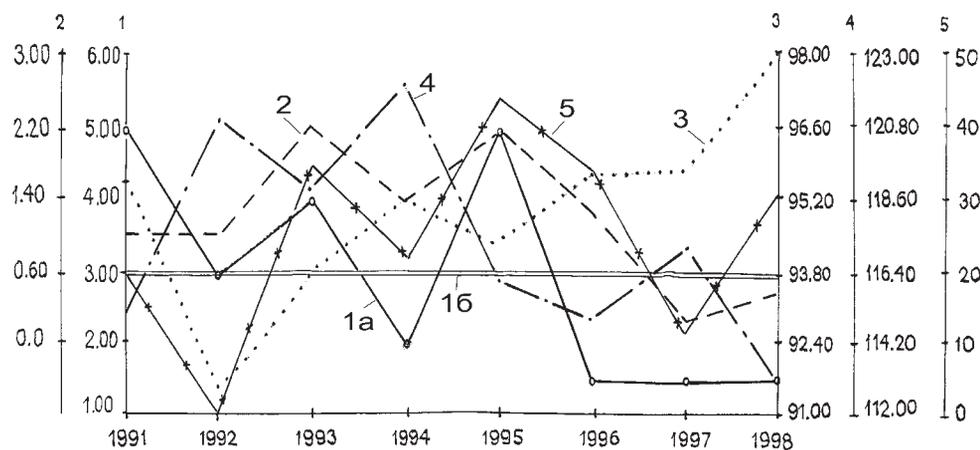


Рис. 3. Факторы развития абразионного процесса (участок Макаровская пл., Сахалин, побережье Охотского моря): 1 – абразия, м/год: а – фактические значения (интервал 1991–1998), б – среднее значение; повторные волнения ГМС Макаров, годовые, %: 2 – > 5 баллов, 3 – до 3 баллов; 4 – уровни моря, годовые, ГМС Стародубское, см; 5 – число дней в году с ЭЦМ 12а

подобные годы (например, 1954, 1977, 1987, 1992). Атмосфера в целом неустойчива, интенсивно развиваются указанные выше циркуляционные механизмы. Е.П. Борисенковым [1] проведен анализ необычных явлений погоды на территории России за 1000 лет. Им отмечено, что после минимума 1798 г. начало XIX столетия ознаменовалось небывалыми засухами и холодными зимами. Особенно страдал от засух юг России.

Учитывая отмеченные особенности атмосферной циркуляции и связанный с ней характер погоды, зако-

номерности планетарных факторов, целесообразно экстраполировать развитие опасных геологических процессов 1960 – 1970-х годов на настоящее время. В те годы на территории России наблюдалось проявление многих опасных геологических процессов. В качестве примера можно привести сведения об активности селей на Северном Кавказе. По данным И.Б. Сейновой [6], в бассейне р. Баксан наблюдалось массовое формирование селей в августе 1966 и 1967 гг., в июле 1975 г. В августе 1967 г. сели, сошедшие по всем долинам рек Центрального Кавказа (Баксан, Терек и др.) при теплых ливнях 1 % обеспеченности, принесли огромные бедствия. Массовая катастрофическая активизация произошла в августе 1977 г. В этом году сели прошли по всем водотокам Главного Кавказского хребта, Скалистого хребта, предгорий. При этом преобладали сели ливневого и гляцио-ливневого генезиса. В 1969 г. наблюдалась значительная подвижка ледника Колка.

В начале XXI в., когда достаточно велика продолжительность южных меридиональных процессов и растет продолжительность меридиональных северных, очень велика экстремальность метеорологических факторов, что мы и наблюдаем в настоящее время [4]. Соответственно экстремальным является и развитие опасных геологических процессов. Рассмотренные выше катастрофы подтверждают данное положение. Выше не было указано, что в 2002 г. оползни и сели, связанные в июне, августе и сентябре с выходом южных циклонов и аномальными осадками, отмечались не только на Северном Кавказе, но и на Сахалине. Так, в районе г. Невельска вследствие тайфунов «Чатаан» и «Руса» сошло свыше 50 оползней-потоков и более 20 русловых селей. В этом же году произошел обвал ледника Колка. 3 июня 2007 г., как отмечено выше, была разрушена Долина гейзеров на Камчатке.

При сложившемся характере циркуляции возможны экстремумы различных метеорологических показателей. Так, в начале августа 2006 г. преобладание ЭЦМ 13л обеспечило в высокогорье Центрального Кавказа очень жаркую погоду. Максимальные суточные температуры воздуха в течение нескольких дней превышали 30 °С. В результате интенсивного таяния ледников 11 августа этого года прошел достаточно мощный гляциальный сель в верховьях р. Малка. На реках Приэльбрусские сели не сошли только потому, что предшествующий этому экстремуму температуры период в июле был достаточно влажным и прохладным. В августе 2007 г. при аналогичных метеорологических условиях катастрофический гляциальный сель сошел на с. Булунгу в долине р. Чегем (Центральный Кавказ). Вместе с тем, в целом селевая деятельность на Северном Кавказе остается на среднем уровне.

Процессоопасный сезон 2009 г. начался со значительной активизации оползней и селей в Чечне, на территории Северной Осетии – Алании, где их активность обусловлена преобладанием глинистых пород, очень сильно реагировавших на обильные осадки в мае – июне.

Если изменения характера циркуляции атмосферы будут проходить и далее по второму сценарию, то при дальнейшем увеличении продолжительности меридиональной северной циркуляции может уменьшиться ко-

личество гляциальных селей на Северном Кавказе, но увеличится количество ливневых и гляцио-ливневых, как это было в 1960 – 1970-е годы. Увеличится опасность активизации оползней, в частности, в районе г. Сочи и Красной Поляны – районе проведения Олимпийских игр 2014 г. Сильная опасность оползней и селей также вероятна на Алтае, в Прибайкалье, на о. Сахалин.

В данной ситуации возможна также активизация абразионного процесса. В результате проведенных исследований на о. Сахалин выявлена приуроченность сильных штормов (> 5 баллов) к определенным циркуляционным процессам, в данном случае к ЭЦМ 12а, который обеспечивает штормовую обстановку на море. При этом высота волны может быть более 2 м. Сильная штормовая деятельность моря в большей степени обусловлена прохождением над островом тайфунов, часто связанных с ЭЦМ 12а.

На рис. 1 видно, что в 1995 г. наблюдалась наибольшая повторяемость ЭЦМ 12а (за период с 1991 по 1998 г.), что и определило значительную повторяемость сильного волнения (> 5 баллов) и как следствие усиление абразии. Таким образом, в случае, если развитие процессов пойдет по второму сценарию, следует ожидать усиления абразионной деятельности моря.

Предотвратить возможные катастрофические события невозможно, но при систематическом ведении мониторинга опасных экзогенных геологических процессов можно свести к минимуму их негативные последствия.

Проведенное исследование позволяет оценить тенденции изменения опасных экзогенных процессов в разных регионах России на основе анализа их генезиса, а именно связи их активизации с изменением характера циркуляции атмосферы.

В ближайшие годы сохранится процессоопасный характер погоды, обусловленный преобладанием наиболее опасных меридиональных циркуляционных процессов, преимущественно – северных.

Во многих регионах России вероятна значительная активность оползней, селей и других опасных природных процессов, обусловленная процессоопасным характером погоды. Наиболее сильная активность ожидается в 2011 – 2012 гг., приуроченных к максимуму 11-летнего цикла солнечной активности.

Высокую опасность активизации экзогенных геологических процессов нужно учитывать при любом техногенном воздействии, особенно в районах, где геологическая среда наименее устойчива.

Природные катастрофы невозможно предотвратить, но возможно снижение их негативного воздействия на различные объекты. Для этого необходимо проводить систематические наблюдения в рамках мониторинга ЭГП с целью предупреждения об их возможной активизации и принятия необходимых мер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычных явлений природы. — М.: Мысль, 1988.
2. Дзердзеевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии. // Матер. метеорологических исследований. / Тр. Междувед. геофизического комитета при Президиуме АН СССР. — М., 1968.

3. Кононова Н.К., Мальнева И.В. Тенденция проявления природных опасностей на территории России в связи с глобальным изменением климата // Оценка и управление природными рисками: Матер. Всеросс. конф. «РИСК – 2006». — М.: Изд-во РУДН, 2006. — С. 8 — 10.
4. Круподеров В.С., Мальнева И.В., Кононова Н.К., Крестин Б.М. Особенности оценки опасности селей в эпоху аномальных климатических изменений // ГеоРиск. — Декабрь. 2007. — С. 36 — 40.
5. Мальнева И.В., Кононова Н.К. Современные тенденции развития опасных природных процессов на территории России // Проблемы снижения природных опасностей и рисков/ Матер. VII Междунар. науч.-практич. конф. по проблемам снижения природных опасностей и рисков («Геориск-2009»), Т. 1. — М.: Изд-во РУДН, 2009. — С. 176 — 181.
6. Сейнова И.Б., Золотарев Е.А. Ледники и сели Приэльбрусья. — М.: Научный мир, 2001.
7. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. — М.: Недра, 1980.

УДК 550.8:550.394

© Коллектив авторов, 2009

Вартанян Г.С., Куликов Г.В., Гарифулин В.А., Рыжов А.А, Круподерова О.Е. (ВСЕГИНГЕО), Лыгин А.М. (Роснедра), Попов Е.А. (Международная академия геоэкологии)

МОНИТОРИНГ ГИДРОГЕОДЕФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*В статье приведены основные вехи становления и развития исследований ГГД поля — от возникновения идеи и постановки задачи, через организацию всесоюзной сети наблюдений в сейсмоактивных регионах, потерю части региональных наблюдательных сетей к созданию Единой интегральной информационной автоматизированной системы ГГД мониторинга. Приводятся некоторые теоретические и практические результаты, полученные за прошедший с начала работ период. Намечаются возможные направления развития и совершенствования исследований. **Ключевые слова:** ГГД поле, ГГД мониторинг, землетрясение, прогнозирование, напряжения в недрах, модель сейсмоактивного региона, система наблюдений.*

*The paper overviews the basic steps of generation and development of HGD-field investigations — from appearance of an idea and formulation of a task through organization of a Soviet All-Union observation network in seismically active regions, loss of a part of regional observation networks to creation of a Unified Integral Information Automated System of HGD-Monitoring. Some theoretical and practical results obtained for the past period are presented. There are outlined possible directions of development and improvement of further investigations. **Key words:** HGD-field, HGD monitoring, earthquake, prediction, stresses in subsurface, model of seismically active region, observation system.*

Ущерб от сильных землетрясений, как правило, бывает очень значительным. Он резко возрастает в густонаселенных, промышленно развитых районах, особенно в районах действия АЭС, высоконапорных плотин, горнорудных, нефтегазодобывающих объектов, химических производств и многих других).

В большинстве государств, проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного характера, в том числе, связанных с сильными, разрушительными землетрясениями, рассматри-

ваются как элемент обеспечения национальной безопасности. В Концепции национальной безопасности РФ, утвержденной Указом Президента РФ от 17.12.1997 г. №1300, отмечается, в частности, что защита личности, общества и государства от чрезвычайных ситуаций природного характера и их последствий является важнейшей составляющей национальных интересов России [4].

Несмотря на важность требований безопасности и широко принимаемые в мире усилия для ее обеспечения, прогноз землетрясений остается одной из наиболее острых и сложных научных, инженерно-технических и социально-экономических задач современности. Как в России, так и за рубежом еще не создана эффективная система прогноза времени, места и силы землетрясения, причем краткосрочный прогноз сильных сейсмических событий оказался наиболее сложной для разрешения практической задачей.

Если подходы к решению проблемы долгосрочного (десятилетия-годы) и среднесрочного (месяцы) прогнозов в известной мере могут считаться успешными, то пути решения задач краткосрочного прогноза все еще требуют значительных исследовательских, инженерно-технических усилий и крупных капиталовложений. Решения именно этой, наиболее сложной, задачи представлялись при постановке работ по мониторингу ГГД поля Земли.

Методика и технология ведения мониторинга ГГД поля как инструментария непрерывных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием земной коры в сейсмоактивных регионах были разработаны научным коллективом ВСЕГИНГЕО. Идеологической основой мониторинга стало научное открытие Г.С Вартаняна и Г.В. Куликова — «явление глобально проявляющихся быстротекущих пульсационных изменений в гидросфере» и установленные ими пространственно-временные закономерности зарождения и развития короткоживущих структур деформации — элементарных составляющих ГГД поля Земли [2, 3].

В сущности, был обнаружен новый вид геофизического поля — ГГД поле, которое отражает смену напряжений в крупных литосферных блоках. Природа ГГД поля, как было установлено, заключается в пульсационном перераспределении флюидных составляющих литосферы, вызванном сменой естественных или техногенных напряжений в ее твердой части, что проявляется в непрерывном возникновении и распаде множеств гидродинамических и физико-химических аномалий, контролируемых местоположением областей развития скоротечных (сутки-месяцы) деформационных процессов — короткоживущих структур сжатия и растяжения. ГГД поле является результирующей одновременного действия во всем объеме литосферы множества разных по интенсивности и нередко разнонаправленных процессов деформации вещества недр.

Было установлено, что подземные воды (как среда, охватывающая свободные и связанные воды в недрах Земли) воспринимают все вариации напряжений в массивах горных пород, происходящие под воздействием внешних и внутренних факторов. Эта гидросфера находится во взаимодействии с глубокими этажами планеты,