

УДК 551.3

## ЛОКАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БАЗЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА (ГЕОЛОГИЧЕСКОГО, СЕЙСМИЧЕСКОГО, ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО И ДР.)

© 2012 Васьков И. М. к.г.-м.н.

Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия 362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44, e-mail: vaskov\_im@mail.ru

В статье рассматриваются возможные направления локального прогнозирования опасных природных процессов на основе совместного анализа баз данных и режимной информации различных систем наблюдения и мониторинга геодинамики внешних оболочек Земли – литосферы, гидросферы, атмосферы. Сформулированы задачи и определены проблемы создания системы интегрированного анализа данных наблюдений и прогноза опасных природных процессов

**Ключевые слова:** системы наблюдений, мониторинга, энергия эндогенная и экзогенная, природная среда, энергетические поля, интегрированный анализ.

Геналдонская катастрофа 20 сентября 2002 года явилась событием мирового масштаба, но не только вследствие своей неповторимости, как природного явления. Основа её уникальности заключается в том, что произошла она в настоящее время на заселенной, легко доступной территории с развитыми системами наблюдений и мониторинга природной среды – геологического, сейсмического, гидрометеорологического. Данные обстоятельства и интенсивные исследования последствий катастрофы «по свежим следам», проведенные учёными России и мирового сообщества, позволили выявить причины её возникновения, характерные признаки подобных событий, произошедших в прошлом, в других долинах и регионах, а также место ледово-каменных обвалов в ряду опасных гравитационных процессов. Палеорекострукция гигантского события, прошедшего по долине реки Гизельдон около 8 тыс. лет назад [Васьков, 2011], блестяще подтвердилась результатами буровых работ при инженерно-геологических изысканиях [Запорожченко, 2011].

В результате десятилетних исследований выявлено генетическое единство перманентно развивающихся опасных гравитационных процессов и связь типов их проявления с современной геодинамикой, в общем, и горноклиматической зональностью, в частности.

В литературе, посвященной катастрофическим событиям природного характера, описано множество подобных событий, которые происходили неоднократно в других горных странах мира, испытывающих современный орогенез. При этом специалисты расходились во мнениях, при рассмотрении генетической сущности этих явлений. Так, например, Уаскаранские события 1962 и 1970 г. рядом исследователей, [Уолтхэм, 1982, Федоренко, 1988], отнесены к типу гигантских обвалов, други-

ми, [Виноградов, 1980, Херхеулидзе, 1972] к типу катастрофических селевых потоков. Тенденция рассмотрения каждой катастрофы этого ряда, как исключительного явления не связанного с геологической средой, а также её освещение с позиций одного научного направления, сохранилась и в настоящее время.

Однако, возрастающий экономический ущерб, связанный с интенсивной экспансией человека в горы, и частота воздействия опасных экзогенных процессов на объекты экономики северного склона Большого Кавказа и, главное, гибель людей обязывают научное сообщество искать новые пути прогнозирования природных катастроф. При этом «на выходе» основными прогностическими характеристиками должны быть место и время возможного события, интенсивность и размеры зоны поражения с оправдываемости прогнозов не менее 70%.

В результате изучения Геналдонской катастрофы был выявлен её генезис и связь с другими типами гравитационных процессов, признаки и основные параметрические характеристики, среди которых и энергетическая компонента высокоскоростного лавинообразного потока.

Отталкиваясь от современных представлений о главенствующей роли эндогенной энергии при горообразовании в зонах континентальной коллизии, каковой является Большой Кавказ в настоящее время, можно представить, как горизонтальное перемещение блоков земной коры в результате торошения поднимает их на тысячи метров выше уровня океана, что приводит к накоплению потенциальной энергии.

Воздействие экзогенной энергии на границе раздела земная кора – гидросфера – атмосфера, разрушает горные породы, высвобождённая потенциальная энергия переходит в кинетическую и реализуется в виде гравитационных процессов различных типов. Суммарные энергия и масса таких процессов настолько велики, что вмешательство Человека в их развитие не только бесполезно, но и крайне опасно, поэтому основным способом исключения человеческих жертв и снижения ущерба от природных катастроф является их прогнозирование по месту, времени, интенсивности, размерам и форме зон поражения.

Применяемые методики локального прогноза отдельных типов опасных процессов на основе только ограниченного набора общепринятых факторов (например, климатического и вещественного для прогноза оползней) до настоящего времени не дали положительных результатов. Попытка прогнозирования «пульсаций» ледника Колка, предпринятая К. П. Ротогаевым и другими в 1983 г. не подтвердилась последующим развитием событий. Временная последовательность обвалов на Девдоракском леднике не укладывается в ритмический ряд, обусловленный изменениями климатических параметров и, следовательно, на этом основании не может быть прогнозируема исходя из существующей теории пульсации ледников [Васьков, 2011].

Детальное изучение генезиса как Геналдонской катастрофы 2002 г., так и ей подобных, однозначно показало их связь с современной эндогенной геодинамикой и пространственную приуроченность массового проявления обвалов (в т.ч. и ледово-каменных), оползней, каменных глетчеров и т.д. к выходам на земную поверхность дизъюнктивов взбросо-надвигового характера. Причём современное пространственное положение и перемещение породных блоков этих структур носит «мозаичный» характер, что, по всей вероятности, отражает места выхода потоков эндогенной энергии на земную поверхность [Васьков, 2004, 2005, 2006, 2007а, 2007б, 2008, 2011].

Изменения окружающей среды, в т.ч. и вызываемые текущим орогенезом, отмечаются существующими сетями мониторинга – сейсмического, геологического и гидрометеорологического. И если, результирующие режимных гидрометеорологических наблюдений учитываются при составлении фоновых прогнозов опасных гравитационных процессов, то материалы режимных наблюдений локальных и региональных сейсмических сетей, гидрогеодеформационного (ГГД) поля и электромагнитного излучения (ЭМИ) остаются в этом плане не востребованными. Не учитывается также геологическая информация о строении и динамике верхней части земной коры.

Очевидно, что методология выработки сложных среднесрочных локальных прогнозов катастрофических возмущений природной среды должна строиться с учётом как можно большего количества регулярно регистрируемых параметров.

***Под природной средой в данном случае понимается земная кора и её внешние оболочки – гидросфера, атмосфера и, в какой-то степени, биосфера с учётом их общей динамики развития.***

Основываясь на сказанном выше можно сделать вывод, что сейсмическое событие любого ранга, также как и быстро текущие катастрофические каменные и ледово-каменные обвалы на поверхности (как и все гравитационные процессы), являются результатом разрядки накопленной потенциальной энергии, передаваемой в верхние слои литосферы в результате коллизионного горообразования. Т.е. энергетически и генетически все проявления опасных геологических процессов отдельно взятого района связаны между собой. Анизотропия масс и очень сложная морфология непосредственного контакта взаимодействующих литосферных плит приводит к возникновению блоковой (мозаично-ячеистой) структуры в зоне коллизии. Соответственно, выход эндогенной энергии на поверхность происходит по каналам разобщённым в пространстве и во времени в виде «энергетических потоков или колонн». Телескопирование такой колонной толщи литосферы сопровождается возникновением и вариациями разнотипных физических полей. А производные этих полей вызывают возмущения в земных оболочках облекающих литосферу.

Динамика части отмеченных энергетических полей на протяжении 100-150 лет отслеживается системами гидрометеорологического и сейсмического мониторинга – геологическими, геофизическими и другими наблюдениями. Обработка полученной информации производится исключительно в рамках каждой системы по «своим», ведомственным методикам. Но, при этом добротные прогнозы производятся лишь на основе гидрометеорологического мониторинга.

Но, если земная кора и её внешние оболочки – гидросфера, атмосфера и биосфера имеют общую динамику развития, то и динамика сопутствующих физических полей также единая.

Следовательно, для получения локальных прогнозов природных, в том числе и геологических, опасностей необходима интегрированная обработка информации как можно большего числа систем наблюдения природной среды.

В результате интегрированного анализа не исключена, например, вероятность выявления зависимости частотных характеристик электромагнитного излучения от вещественного состава кристаллических пород (основности). Изменения звуковых частот от ультра до инфразвука, вероятно, могут быть сопоставлены с мощностью лопающихся в толще земной коры пластов и пачек хрупких пород. В условиях резко расчлененного рельефа Большого Кавказа со значительными (до 4-5 км) перепадами высот, прекрасной обнажённостью и высокой степенью геологической из-

ученности вполне возможно добротное определение петрофизических, в том числе и чисто сейсмических, характеристик различных типов пород в приповерхностных условиях с последующим их прослеживанием на глубину. На построенной таким образом модели геологического строения Большого Кавказа возможна отработка прогнозных вариантов развития его общей геодинамики.

Так, одним из важнейших видов информации для построения геодинамической модели, в частности, являются данные действующих региональных и локальных сейсмических сетей Северного Кавказа. Например, гипоцентры (фокусы) землетрясений в земных недрах располагаются в пределах современных разломов, которые являются поверхностями смещения блоков горных пород относительно друг друга. В верхних слоях Земли такие подвижки приводят к созданию и развитию горных стран, причем формирование наиболее грандиозных сооружений происходит и в настоящее время, это, Альпийско-Гималайский горно-складчатый пояс, куда входит и Кавказ, Тихоокеанское огненное кольцо с Кордильерами и Андами. Зоны активного развития опасных экзогенных процессов (оползни, сели, обвалы, осыпи) отчётливо маркируют границы современного смещения блоков на поверхности Земли, как в макро-, так и в микромасштабах. В приповерхностных условиях возможно выделение объектов площадью в первые десятки км<sup>2</sup>. Характерно, что в зонах выхода современных разрывных структур на земную поверхность отмечаются максимальные риски аварий всех типов на линейных коммуникациях, это железные и автомобильные дороги, трубопроводы, линии электропередачи и связи, а также городских агломераций.

Обработка суммированного информационного массива прошлых лет вполне возможна на основе современных геоинформационных технологий. Они позволяют в режиме реального времени обрабатывать весьма значительные объёмы информации по различным направлениям, связанным общим алгоритмом. В рассматриваемом случае это современная геодинамика Большого Кавказа. В Кубанском государственном университете (Краснодар) под руководством проф. Погорелова А.В. разработана и реализована методика всестороннего морфометрического анализа рельефа горных территорий [Погорелов и др., 2007; Погорелов, Думит, 2009], а также на базе ArcScene (ArcGIS, ESRI) создано приложение для манипуляций с 3D объектами. Цифровая модель рельефа Большого Кавказа и производные этой модели вкуче с аппаратом морфометрического анализа может служить основой всех остальных построений, являясь при этом одной из ключевых составляющих интегрированного прогноза опасных природных процессов.

Основой комплексной системы интегрированной обработки и выработки прогнозов на начальном этапе могут служить следующие виды и типы информации по действующим сетям.

*Мониторинг геологической среды* – геологические, тектонические и геоморфологические карты, карты условий развития ЭГП, данные оперативного контроля изменений геодинамической обстановки в опасных районах на основе геодезических и геофизических наблюдений, наблюдения за изменениями крутизны потенциально опасных склонов.

*Сейсмический мониторинг* – каталоги землетрясений, как прошлых лет, так и вновь выявленных в режиме реального времени, информация о динамике геофизических полей (ГГД и ЭМИ) как за прошлые годы, так и текущая, данные по ионосферным возмущениям.

Эта информация может являться основой для построения положения в пространстве современных сейсмофокальных поверхностей отдельных движущихся блоков с определением следов их пересечения с рельефом, выявление мелко фокусных землетрясений на подконтрольной территории и определение их принадлежности к конкретным разрывным структурам в режиме реального времени.

*Гидрометеорологический мониторинг* – данные режимных гляциологических и гидрологических наблюдений, информация об изменениях климатических характеристик, динамики гидрометеорологических процессов в пределах выделенных потенциально опасных территорий.

Логичной представляется следующая последовательность обработки информации и выработки прогнозов.

На первом этапе, на основании анализа геологических, тектонических, гляциологических и других специализированных карт выявляются места, потенциально благоприятные для развития катастрофических обвалов, оползней, селей и т.д. По возможности уточняются направления и относительные скорости перемещения подвижных тектонических блоков относительно друг друга. Анализируются каталоги сейсмических событий для выявления наличия и активности приповерхностных и мелкофокусных землетрясений с силой от порога чувствительности сейсмоприёмников и выше. При заметной активности подобных землетрясений и, особенно, при её нарастании отстраиваются сейсмофокальные поверхности и сравниваются с положением известных в районе современных дизъюнктивных структур.

По результатам камеральных работ первого этапа в выявленных потенциально опасных районах проводится комплекс целевых полевых исследований. На основе полевых исследований выделяются объекты, где подобные события происходили в прошлом, определяются их параметры – объёмы и максимальная наблюдаемая дальность выброса материала, поражаемые зоны и хозяйственные объекты, в настоящее время находящиеся в пределах зон воздействия катастроф прежних лет, возможная повторяемость событий.

Результаты работ первого этапа ложатся в основу построения карт долгосрочного (фонового) прогноза с возможной повторяемостью событий раз в 200-1000 лет.

На втором этапе, после выявления конкретных потенциально опасных объектов, непосредственно в их пределах выстраивается достаточная система дополнительных инструментальных наблюдений. Такая система, данные которой могли бы быть использованы для выработки среднесрочного прогноза, на промежуток времени от года до месяца, определения возможных границ зоны поражения.

Предлагаемая комплексная система даёт возможность выработки краткосрочных локальных прогнозов ЭГП с уточнениями и совершенствованием на этапе внедрения и освоения. Продолжение исследований в этом направлении позволит уточнить взаимозависимость влияния природных факторов на формирование катастрофических ОГП, конкретизировать признаки и, в конечном счете, определить алгоритмы обработки информации, которые позволят с достаточной точностью рассчитывать место и время события, его возможные размеры и границы зон поражения.

Возможность выработки более детальных (краткосрочных) прогнозов на настоящем этапе изучения проблемы не рассматривается в виду её большой сложности и недостатка детальных наблюдений, особенно полевых.

*Основные виды используемой информации.*

- Данные локальных и региональных сейсмических сетей – координаты гипоцентров землетрясений, независимо от их энергетического уровня.
- Геологические карты, разрезы, сейсмические профили, карты условий развития опасных экзогенных процессов, палеокарты верхнего кайнозоя и т. д.
- Информация о динамике изменения климатических характеристик и режиме движения ледников, каменных глетчеров, оползней, селей, обвалов и осыпей за обозримый период наблюдений в регионе.

*Основные принципы исследований.*

- Построение пространственной (объёмной) модели размещения гипоцентров землетрясений, совмещённой с геологической картой поверхности.
- На основе полученной модели, определение современных тектонических границ активных блоков земной коры.
- Уточнение положения современных тектонических границ активных блоков земной коры на поверхности.
- Установление корреляционных связей выходов современных активных тектонических структур на поверхность с опасными экзогенными и эндогенными процессами во времени и пространстве. Одновременно должна быть выявлена связь коммуникационных аварий и аварийных ситуаций всех типов на застроенных площадях с современными тектоническими процессами.
- Создание программного обеспечения для построения пространственных моделей геологической среды, обеспечивающих их пополнение и функционирование как инструмента прогнозирования опасных экзогенных процессов (ОЭП) в режиме реального времени.
- Определение зависимости изменения частотных характеристик инфразвука, возникающего при сейсмических событиях, от площади разрыва, разрушаемых в зоне гипоцентра хрупких горных пород, вкупе с известными предвестниками землетрясений, может быть полезным при прогнозировании землетрясений.

На пути решения поставленных задач интеграционной выработки прогнозов четко определяются две проблемы.

*Техническая.* Современные информационные технологии и геоинформационные системы позволяют обрабатывать гигантские объёмы информации в режиме реального времени, строить алгоритмы и прогнозы. Необходимые банки информации прошлых лет – имеются.

*Субъективная.* Для понимания сути этой части трудностей, приведём высказывание директора ИФЗ В. Н. Страхова о возникших проблемах конца восьмидесятых: «Первая из них – психологический климат среди ученых, занимающихся вопросами оценки сейсмической опасности и прогноза землетрясений. Естественно ожидать, что сам гуманный характер стоящих перед ними задач должен был бы спланировать их. На самом деле ничего подобного нет: специалисты разбились на ряд соперничающих группировок, занятых бесконечной неконструктивной критикой и взаимными обвинениями, и если в публичных выступлениях политес еще как-то соблюдается, то в кулуарах страсти переходят все мыслимые границы...» («Природа», №12, 1989 г., стр. 9).

К сожалению, мнение Владимира Николаевича Страхова (1989 г.) и в настоящее время не потеряло своей актуальности. Вопросы обмена оперативными данными и актуальными идеями превращены в финансовые и заострены настолько, что любая

«ведомственная» информация обрела статус сверх секретной, или, как минимум, сверх дорогой.

Но, остаётся надежда, что добрая воля учёных и специалистов-практиков различных областей знаний, объединенных благородным стремлением спасения человеческих жизней, способна преодолеть трудности и сложности создания действенной комплексной системы прогнозирования опасных и катастрофических природных процессов. Сделав это, мы выполним великую гуманитарную миссию, возложенную на нас самой Природой примером Геналдонской катастрофы!

### Литература

1. Васьков И. М. Возможный механизм обвала и динамика движения ледово-каменных масс в верховьях р. Геналдон (на Центральном Кавказе в сентябре 2002 года). Вестник Владикавказского научного центра №2, том 4, 2004, с. 34-45.
2. Васьков И. М. Параметрические характеристики катастрофического обвала в долине ледника Колка. Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН №1 (13), 2005, Нальчик, с. 73-80.
3. Васьков И. М., Гончаров В. И. К вопросу о признаках и возможности прогнозирования природных катастроф типа Геналдонской в Горной Осетии. Труды Северо-Кавказского горно-металлургического института (ГТУ), Владикавказ, 2006, с. 239-254.
4. Васьков И. М. Гончаров В. И. Признаки проявления и возможности прогнозирования природных катастроф в горных районах (на примере Геналдонской катастрофы 20.09.2002 г.). Труды ЮНЦ РАН, Т. III, Биоразнообразие и трансформация горных экосистем Кавказа. Из-во ЮНЦ РАН, Ростов-на-Дону, 2007а, с. 11-28.
5. Васьков И. М., Мотозюк Г. К., Турлов И. С. Некоторые особенности отложений раннечетвертичного гляциального селя по реке Гизельдон (Северная Осетия). Материалы VI Международной конференции 20-30 мая 2007 г. «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий», Владикавказ, 2007б, с. 214-215.
6. Васьков И. М. Геологические и морфологические особенности строения долин – генераторов катастрофических ледово-каменных обвалов в Казбек-Джигарайском горном узле, Северный Кавказ. Бюллетень МОИП, Отдел геологии, 2008, Т. 83, вып. 2, с 75-84.
7. Васьков И. М. Ледово-каменные обвалы и их прогнозирование. Опыт Геналдонской катастрофы, Центральный Кавказ. Монография. LAP LAMBERT Fcademic Publishing. Саабрюкен, Германия. 2011, 233 с.
8. Васьков И. М. К вопросу об устойчивости естественных плотин в горных условиях. М. ГеоРиск №1, 2011, с. 38-42.
9. Виноградов Ю. Б. Этюды о селевых потоках. JL, Гидрометиздат, 1980.
10. Запороженко Э. В. и др. Отчёт по инженерно-геологическим изысканиям «Строительство обводного канала головного узла Гизельдонской ГЭС с восстановлением бассейна суточного регулирования (БСР) до проектных размеров». Пятигорск, ОАО «Севкавгипроводхоз», 2011, 154 с., 4 черт.
11. Погорелов А. В., Салпагаров А. Д., Киселёв Е. Н., Куркина Е. В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований. Труды Тебердинского государственного биосферного заповедника, вып. 45, 2007, 199 с.

12. Погорелов А. В., Думит Ж. А. Рельеф бассейна р. Кубани: морфологический анализ. Москва, ГЕОС, 2009, 206 с.
13. Уолтхэм Т. Катастрофы: неистовая Земля. Ленинград: Недра, 1982, с. 223.
14. Федоренко В. С. Горные оползни и обвалы, их прогноз. Издательство МГУ, 1988, 214 с.
15. Херхеулидзе И. И. Скорости течения и русловые характеристики селевых потоков. Труды ЗапНИГМИ, 1972, вып. 40 (46), с. 134-180.

**LOCAL FORECASTING OF HAZARDOUS EXOGENOUS  
PROCESSES ON THE BASES OF INTEGRATED ANALYSIS OF  
DATA OF OPERATING MONITORING SYSTEMS (GEOLOGICAL,  
SEISMIC, HYDROMETEOROLOGICAL, ETC.)**

**I. M. Vaskov, Sci. Candidate (Geol.)**

North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University),  
Vladikavkaz, Russia, e-mail: vaskov\_im@mail.ru