

УДК 504:621.64:331.4

В.А. Середенко¹; А.Н. Колотовский¹; М.М. Задегриголова², e-mail: M.Zaderigolova@georw.ru

¹ ПАО «Газпром» (Москва, Россия).

² ООО «ГЕОТЭК» (Москва, Россия).

Повышение безопасности эксплуатации линейной части магистральных газопроводов в зонах природно-техногенных рисков

В работе обращено внимание на вопросы обеспечения геодинамической безопасности газотранспортных систем (ГТС), находящихся в сложных геологических условиях, которым не уделяется должного внимания. Оценка технического состояния газопровода в основном сводится к анализу результатов эпизодических контрольных замеров напряженно-деформированного состояния (НДС) трубы (вставки ИВ-2, ультразвук и пр.).

В статье приводятся критика существующих традиционных методов контроля опасных геодинамических процессов (ОГП) и примеры их катастрофических проявлений, в том числе на газотранспортных предприятиях. Изложены краткие теоретические основы принципиально новой технологии радиоволнового диагностирования грунтов околотрубного пространства, базирующейся на применении радиоволновых методов, использующих естественное импульсное электромагнитное поле Земли (ЕИЭМПЗ), что существенно расширяет принципиальные возможности диагностики напряженного состояния горного массива и позволяет эффективно решать ряд сложных геозекологических задач. Метод входит в состав обязательных положений и требований ч. IV федерального нормативного документа СП 11-105-97 «Правила производства геофизических исследований» (2004).

Предлагаемая технология дает возможность реализовать корректный геомониторинг на линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ), позволяющий заблаговременно и оперативно принимать ответственные управляющие решения, направленные на исключение возможности внезапных аварий газопровода на ранних скрытых стадиях развития ОГП.

Сообщается о реальных фактах и примерах заблаговременного прогнозирования катастрофических активизаций ОГП на газопроводах ряда объектов ПАО «Газпром» с помощью системы автоматизированного контроля НДС грунтов, основанной на методе контроля радиоволнового поля Земли.

Дана информация о разработке беспилотного воздушного варианта радиоволнового диагностирования грунтов околотрубного пространства ЛЧ МГ.

Ключевые слова: линейная часть магистральных газопроводов, природно-техногенные риски, аварии, геодинамическая безопасность, газотранспортные системы, метод радиоволнового поля Земли, газово-эманационные методы, радиоволновая диагностика грунтов, аэрокомплекс.

V.A. Seredenko¹; A.N. Kolotovskiy¹; M.M. Zaderigolova², e-mail: M.Zaderigolova@georw.ru

¹ Gazprom PJSC (Moscow, Russia).

² GEOTEK LLC (Moscow, Russia).

Improved safety of main gas pipeline linear part operation in the areas of natural and technology-related hazards

The paper drew attention to the issues of ensuring geodynamic safety of gas transmission system (GTS) located in difficult geological conditions that have been neglected. Evaluation of the technical condition of gas pipeline is largely confined to the analysis of the occasional control measurements results of the stress-strain state (SSS) of the pipe (inserts IV-2, ultrasound, etc.).

The article provides a comments on the existing traditional methods for the control of dangerous geodynamic processes (DGP), and examples of the their catastrophic results, including gas transmission enterprises. Summary theoretical basis of a fundamentally new technology of radio wave diagnostics of soil around the pipe is presented based on the application of radio wave methods using natural pulsed electromagnetic field of the Earth (EIEMPZ), this significantly

extends the basic diagnostic capabilities of the stress state of the rock mass, ensures effective solution of a number of complex geo-ecological problems. The method is a part of the mandatory provisions and requirements of para. IV of Federal Regulations SP 11-105-97 "Rules for geophysical survey" (2004).

The proposed technology allows implementing the correct geomonitoring on the linear part of main gas pipelines (LP MGP), allowing early and promptly responsible control solutions aimed at exclusion the possibility of sudden accidents on the gas pipeline in the early latent stages of the UCP.

It is reported about the real facts and examples of early prediction of UCP catastrophic activations in gas pipeline of a number of Gazprom PJSC facilities with the help of computer-aided control of soil SSS, based on the method of the Earth radio-wave field monitoring.

The information on the development of unmanned aircraft variant of radio wave diagnostics of soil around the LP MGP.

Keywords: linear part of main gas pipelines, natural and technology-related risks, accidents, geodynamic safety, gas transmission systems, method of radiofrequency field of Earth, gas-emanation techniques, radio wave diagnostics of soil, aero complex.

Жесткие условия рыночной экономики и интенсификация методов, технических средств обеспечения безопасности транспорта газа в зонах природно-техногенных рисков диктуют необходимость перехода на передовые информационные технологии в данной области. Методы и технологии контроля и прогнозирования геодинамических процессов, опасных для линейной части газопроводов (оползни, активные тектонические разломы (АТР), карст, провалы в шахты и пр.), либо безнадежно устарели (геодезия, бурение, марки, шурфы, инклинометры, пьезометры и др.), либо слабо развиты, что и обуславливает актуальность поиска новых методов организации объективного прогнозного геомониторинга.

Использование же для оценки состояния грунта только методов контроля

НДС металла трубы (вставки ИВ-2, ультразвук, магнитометрия и др.) является некорректным, ибо все они фиксируют уже произошедшие события (провал, срез полок, резкое пучение), которые уже нарушили геометрию трубы, например так, как показано на рис. 1.

Это расчет влияния активизации разломов на магистральном газопроводе «Сила Сибири». В общей сложности таких разломов на трассе 13, из них более половины, по данным ООО «Газпром ВНИИГАЗ», – активные. Однако в проекте геомониторинга методов прогноза опасной геодинамики нет! В то же время внезапная активизация однозначно может привести к человеческим, экономическим и, главное, к репутационным потерям.

Можно задать вопрос, какая польза руководству ООО «Газпром трансгаз

Чайковский» от данных традиционных методов и даже от космической съемки о том, что на МГ «Чусовой – Березники – Соликамск» внезапно образовался очередной провал (рис. 2). А если бы это произошло на газопроводе и там были бы люди?

Какая польза от геодезии, реперов и марок, которые, кстати, наблюдают всего 1–2 раза в год, если, например, на ПК31 газопровода «Дзуарикау – Цхинвал» полка уйдет мгновенно не на 1–2 м, как в марте 2016 г., а на 10 и более метров, как на Тайване (рис. 3)?

Приедем несколько цитат из официальных писем по данной тематике.

Первое письмо от ЗАО «Газпром инвест Юг» № 20/2-9408 от 24 октября 2013 г. на имя А.В. Мостового и С.В. Савченкова. Начало очень бодрое: «На трассе ЧБС необходима система оперативной

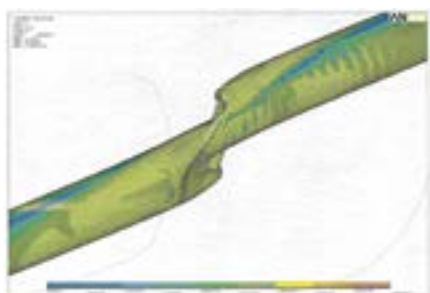


Рис. 1. Результат воздействия деформирующих усилий на трубопровод (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Fig. 1. Result of deforming forces impact on the pipeline (Gazprom VNIIGAZ LLC)



Рис. 2. Провал в сентябре 2015 г. на трассе МГ «Чусовой – Березники – Соликамск» (122 x 125 м)

Fig. 2. Downtrop in September 2015 on the main MG Chusovoy – Berezniki – Solikamsk (122 x 125 m)



Рис. 3. Оползень, перекрывший федеральный автобан (Тайвань, 2010)

Fig. 3. Landslide blocked the federal highway (Taiwan, 2010)

Ссылка для цитирования (for citation):

Середенко В.А., Колотовский А.Н., Задериголова М.М. Повышение безопасности эксплуатации линейной части магистральных газопроводов в зонах природно-техногенных рисков // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 10. С. 48–52.

Seredenok V.A., Kolotovskiy A.N., Zaderigolova M.M. Improved safety of main gas pipeline linear part operation in the areas of natural and technology-related hazards (In Russ.). Territorija NEFTEGAZ = Oil and Gas Territory, 2016. No. 10, P. 48–52.

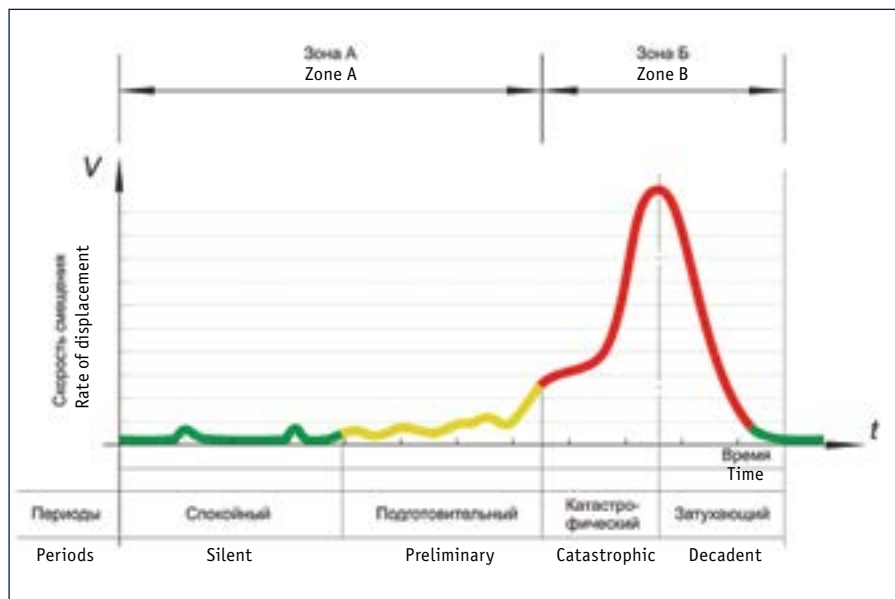


Рис. 4. Схема полного оползневой цикла (по В.В. Кюнтцелю, Г.П. Постоеву): зона А – скрытая для визуального контроля стадия развития необратимых деформаций; зона В – стадия катастрофических деформаций, смещений грунтов
 Fig. 4. Complete landslide cycle diagram (for V.V. Kyunttsel, G.P. Postoev): Zone A – hidden for visual inspection stage in the development of irreversible deformation; Zone B – stage of catastrophic deformation, soil displacement

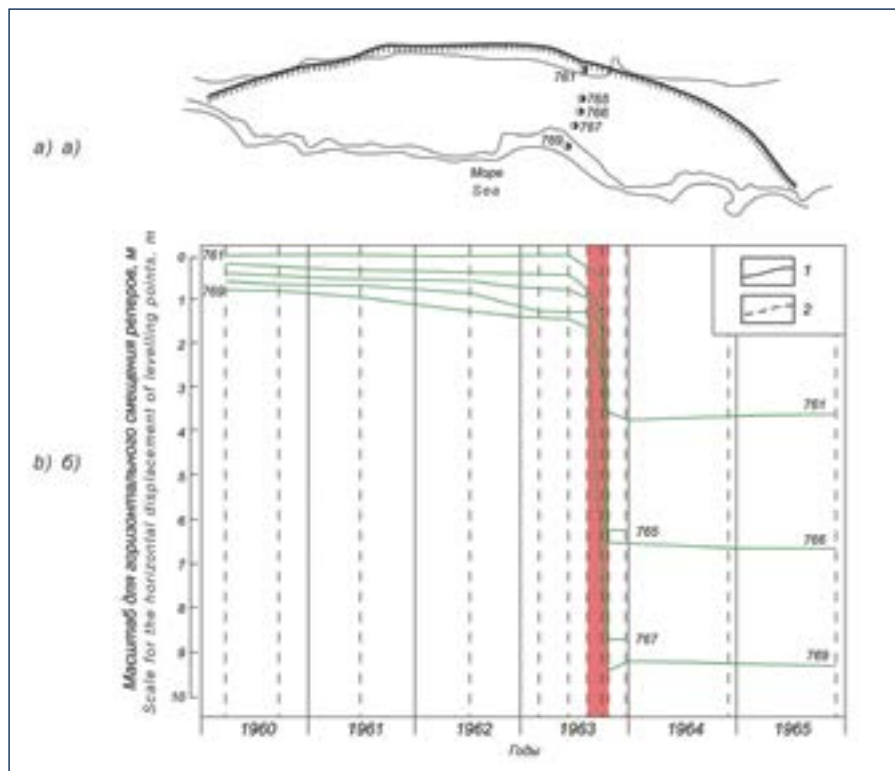


Рис. 5. Схематический план оползня 14 октября 1963 г. у г. Одессы (Украина) с показанием расположения реперов (а) и график смещения реперов с 1963 по 1965 г. (б): 1 – график смещения репера; 2 – дата определения положения репера
 Fig. 5. Schematic plan of landslide on October 14, 1963 near Odessa (Ukraine) indicating the location of levelling points (a) and a graph levelling points displacement from 1963 to 1965 (b): 1 – graph levelling points displacement; 2 – date of levelling points position determination

оценки НДС грунтов для заблаговременного предупреждения активизации опасной геодинамики в целях принятия своевременных управляющих решений». А дальше пошла фантастика: «Автоматизированная система на базе ИВ-2 предназначена для контроля НДС трубы и прогнозирования ее состояния на потенциально опасных участках». Но ведь хорошо известно, что вставки ИВ-2 просто физически не могут прогнозировать изменения состояния грунтов, а значит, и НДС трубы, зависящее от НДС грунтов! И подтверждение этому – вторая цитата, из письма ООО «Газпром инвест» № 07/011-8456 от 6 апреля 2015 г. на имя О.Е. Аксютин: «Применение ИВ-2 в качестве средств мониторинга и прогнозирования состояния трубопровода имеет существенные недостатки. Главный из них – определение подвижек грунта на последней стадии в момент, когда подвижка существенна и начинает действовать на трубу, что существенно уменьшает период времени для корректирующих действий».

Обратим внимание на то, как протекает любой опасный активный процесс геодинамики, например оползневой (рис. 4). Все два периода идет подготовка аварии, необратимых деформаций, когда под влиянием внешних воздействий (снеготаяние, вода, подрезка оползней полками) начинается процесс образования микротрещин на молекулярном уровне, изменение режима подземных вод (флюидов). Этот процесс подготовки может длиться днями, месяцами, годами. И он никак не проявляется ни в грунтах, ни на поверхности земли.

Много лет профессор Е.П. Емельянов, ученый с мировым именем, с помощью геодезии (в то время другого ничего не было) наблюдал за оползнями Одессы (рис. 5) и доказал, что геодезия беспомощна в плане прогнозирования катастроф. Как видим, три года реперы стояли без движения, а потом внезапно вместе с грунтами съехали на 5–10 и более метров!

Как сейчас проводятся такие наблюдения на некоторых объектах газотранспортной системы? Провели замеры, например, в период подготовки подвижек, отрапортовали, что все тихо, уехали домой, а оползень через 1–2 дня «поехал».



Рис. 6. Оползень в Боливии (2011)
Fig. 6. Landslide in Bolivia (2011)

Внезапно! И произошла катастрофа, погибли люди (рис. 6).

Когда говорят, что геодезия, георадар, оптоволоконно, инклинометры, ультразвук, магнитометры, пьезометры, другие контактные методы могут прогнозировать активизацию оползней, провалов, просадок или пучения в АТР, – это настоящий фейк (fake), т. е. подлог или обман, хотя всем хорошо известно, что даже в наше непростое время на эти «прогнозные» способы выделяют финансы, и довольно большие!

Такую же неподъемную для этих методов картину можно видеть, например, и в районах залегания подземных пустот (газопровод «Чусовой – Березники – Соликамск», Ямал, карстовые районы). На рис. 7 показано развитие свода обрушения, которое зависит в первую очередь от воздействия подземных вод, климата. Обрушение слоев, повторится, никоим образом не заметно на поверхности.

Как показал наш опыт работы на МГ «Чусовой – Березники – Соликамск», ни геодезия, ни техника, установленная на трубе, кроме радиоволнового метода, физически не может контролировать и прогнозировать развитие таких опасных полостей (рис. 8), активизации геодинамических процессов. И когда трещит свод, а на поверхности внезапно образуется воронка (рис. 9), уже поздно что-либо делать.

Радиоволновое диагностирование грунтов может и позволяет уверенно контролировать весь период подготовки, например, оползня. Покажем это на примере газопровода «Моздок – Казимагомед», ПК607, где стоят наши приборы (рис. 10). 11 сентября 2015 г. они отметили аварийную активизацию оползня (левая аномалия на графике),

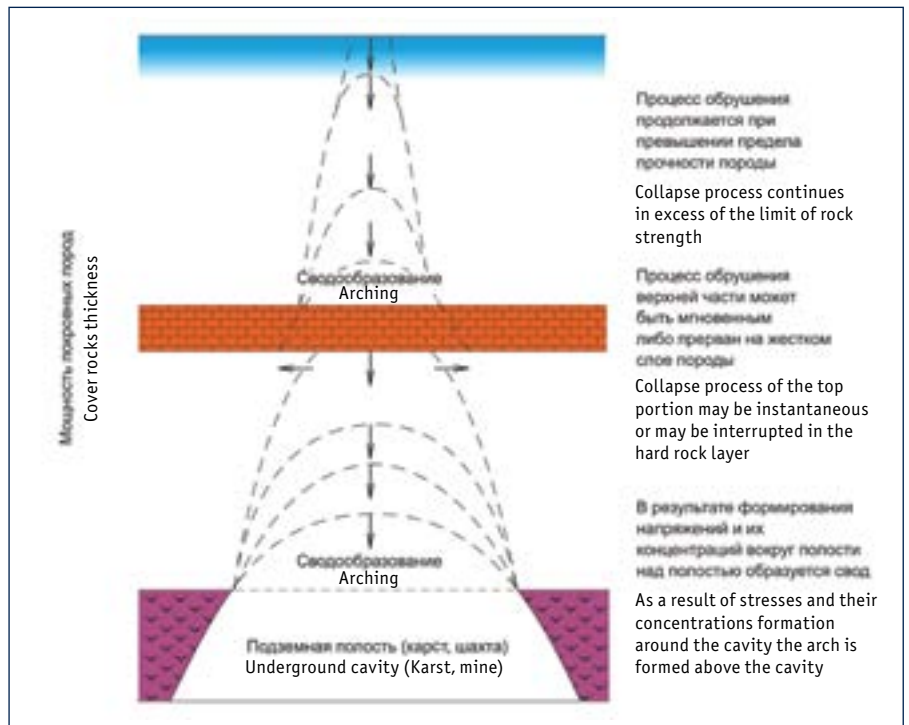


Рис. 7. Дискретное обрушение в виде сводов в монолитных породах (по Т. Адерхольд, 2010)
Fig. 7. Discrete collapse in the shape monolithic rocks folds (by T. Aderhold, 2010)

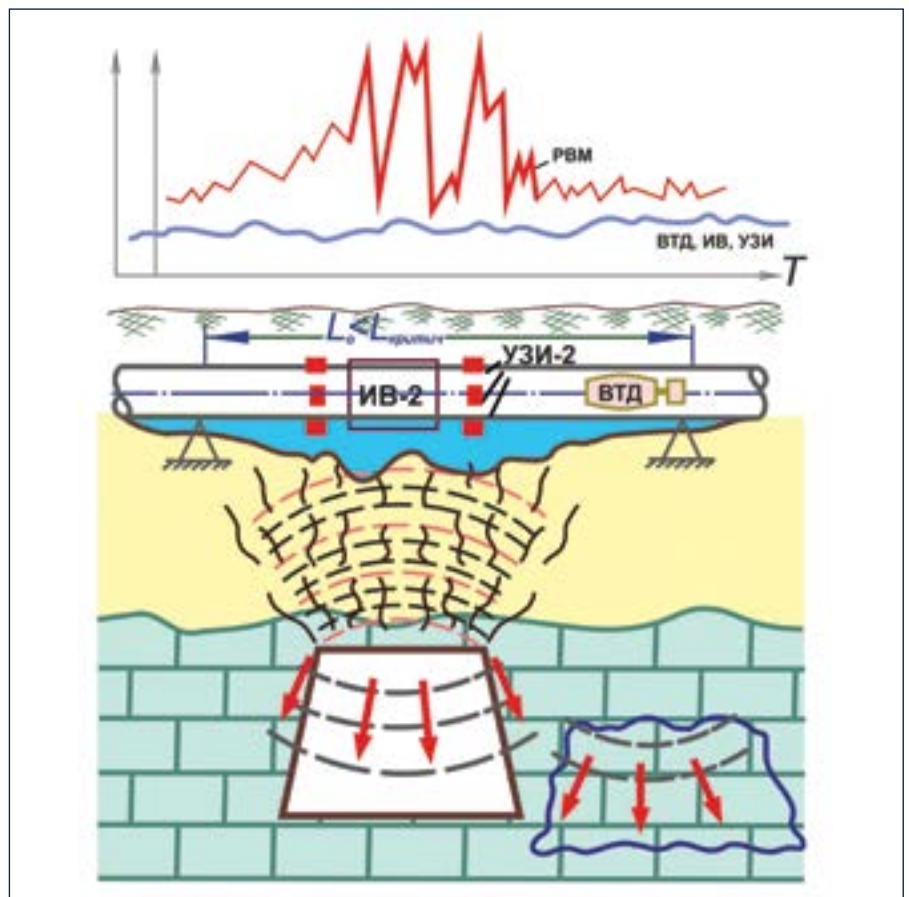


Рис. 8. Развитие опасных полостей
Fig. 8. Development of hazardous cavities

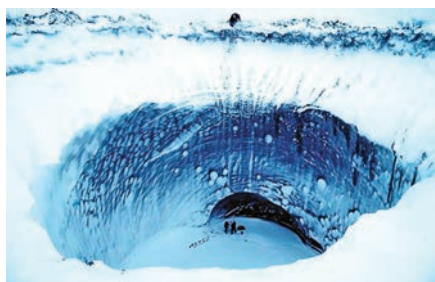


Рис. 9. Гигантская воронка на Ямале в районе МГ «Бованенково – Ухта»
Fig. 9. Giant crater on the Yamal Peninsula in the vicinity of MG Bovanenkovo – Ukhta

о чем было предупреждено руководство объединения. Кстати, такие тревожные моменты можно фиксировать и газово-эманационным методом, что постоянно и делаем (рис. 11). А 14 декабря произошло то, что можно видеть на рис. 12. Следует отметить, что технология радиоволнового диагностирования грунтов околотрубного пространства (РВД) интересна своей доказуемостью и высокой достоверностью, ибо основана она на двух совершенно разных по физике методах – радиоволновом поле Земли и газово-эманационно-сейсмическом.

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что уже является фактом устоявшееся мнение о несомненной пользе этой разработки в отрасли. Об этом говорит и награждение нашей многолетней работы совместно с Департаментом ПАО «Газпром», РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, ООО «Газпром трансгаз Чайковский» и ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» премией ПАО «Газпром» в области науки и техники за 2015 г. Иными словами, технология радиоволнового диагностирования грунтов лега-



Рис. 11. Газовая съемка
Fig. 11. Gas surveying



Рис. 10. Аномалии, зафиксированные на оползне г. Тарки-Тай, ПК 607 ГП «Моздок – Казимагомед»
Fig. 10. Anomalies recorded in the landslide, Tarki-Tau, PMK 607 SE Mozdok – Kazimagomed

лизована и должна, по нашему мнению, занять должное место среди комплекса методов и способов геомониторинга, контроля технического состояния блока «труба – грунт», обеспечения безопасности нефтегазопроводов. Ведь безопасность линейной части МГ на потенциально опасных участках зависит не только от состояния трубы, но также и от состояния грунтов околотрубного пространства, что, к сожалению, не учтено в документах по техническому состоянию и целостности газопроводов. На наш взгляд, в корректном прогнозном геомониторинге кроме радиоволнового могут быть использованы методы аэрокосмические и оптоволоконные. В настоящее время при поддержке Департамента ПАО «Газпром», РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина начата работа по созданию и разработке принципиально нового типа прогнозного геомониторинга, при котором радиовол-

новые приборы будут устанавливаться на беспилотные летательные аппараты. В случае успеха можно будет проводить прогнозный геомониторинг в горах, в лесах, на болотах, в других недоступных местах, ведь радиоволновое поле Земли есть везде.

В принципе, такие аэрокомплексы уже есть за рубежом. Наш аэрокомплекс (АРК) может иметь такой любой вид. Но, главное, у нас есть очень важное отличие от зарубежных АРК: это оригинальный способ обработки данных, и он уже запатентован.

Доверительное прогнозирование моментов аварийных активизаций опасных геодинамических процессов в скрытой их фазе позволяет своевременно принять и реализовать управляющие решения, резко снизить природно-техногенные риски, повысить безопасность эксплуатации ЛЧ МГ на потенциально опасных участках.



Рис. 12. Смещение грунта на г. Тарки-Тай, результат внезапной активизации процесса
Fig. 12. Soil displacement in Tarki-Tau, the result of the sudden process activation