

# ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

ЧЕСКИДОВ В.В. (НИТУ «МИСиС»)

МАНЕВИЧ А.И. (Лаборатория геодинамики Геофизического Центра РАН)

## ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОНИТОРИНГА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ В УСЛОВИЯХ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Эксплуатация оползнеопасных откосов, обладающих низкими коэффициентами запаса устойчивости или находящихся в состоянии предельного равновесия, может привести к аварийным ситуациям при изменении сейсмической и гидрогеологической ситуации. В связи с этим необходимо разработать рекомендации по развертыванию сети пунктов сбора информации гидрогеомеханического мониторинга с высокой плотностью для быстрого оповещения о достижении критического уровня воды и принятия управленческих решений по укреплению откоса.

**Ключевые слова:** оползнеопасность, откосы, склоновые процессы, инженерно-геологические изыскания, гидрогеология, мониторинг, зондировочные работы, математическое моделирование.

В результате инженерной деятельности формируются сложные природно-техногенные системы, для устойчивого развития которых необходимо осуществлять интерактивный контроль их состояния. Комплекс мероприятий такого типа позволит осуществлять оценку поведения массивов горных пород в пространственно-временном отношении и осуществлять управление их состоянием. Это обеспечит промышленную и экологическую безопасность ведения строительных работ в сложных инженерно-геологических, гидрогеологических и геомеханических условиях, и в конечном итоге вовлечение новых территорий и месторождений полезных ископаемых в хозяйственное освоение.

В последнее десятилетие территория Северного Кавказа испытала новый виток мощного развития, в первую очередь это связано с проведением Зимних Олимпийских игр в 2014 г. В частности для обеспечения надежного, бесперебойного сообщения объектов горного кластера с основными транспортными узлами г. Сочи была запущена совмещенная (автомобильная и железная) дорога «Адлер – горноклиматический курорт Альпика-Сервис». Она введена в эксплуатацию в ноябре 2013 г., имеет общую протяженность около 50 км, соединена развязками с федеральной трассой М-27, по количеству тоннелей и мостов является уникальной для РФ. Вся территория строительства данного линейного объекта отличается крайне сложными инженерно-геологическими условиями. Работы

проводились в условиях молодой альпийской складчатости, что обуславливает развитие опасных геологических процессов как эндогенного, так и экзогенного характера. Северная часть дороги относится к области высокой, до 8–9 баллов, сейсмичности, здесь же наблюдаются наибольшие уклоны поверхности, это приводит к активному развитию склоновых процессов (обвалы, оползни, сели, лавины), а также водной эрозии.

Наибольшую оползнеопасность вдоль совмещенной дороги представляют склоны, расположенные на левом берегу реки Мзымта, на участке от вокзала Альпика-Сервис до портала ближайшего железнодорожного тоннеля. Ведущую роль в формировании и развитии опасных склоновых процессов горных районов играют особенности геологического строения территории, в том числе состав и условия залегания горных пород, структурно-тектонические особенности горных массивов, гидродинамический режим подземных вод, неотектонические движения и другие факторы. Верхний слой пород в данном районе представлен элювиальными, делювиальными и оползневными отложениями, которые представляют собой продукты выветривания аргиллитов, песчаников, порфиринов и других коренных горных пород. В связи с этим поверхностные отложения представлены щебнистыми, дресвяными грунтами с различными заполнителями (суглинки, супеси), а также суглинками и глинами [3].



## ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для обеспечения безопасной эксплуатации дороги и применения своевременных мероприятий по минимизации последствий опасных склоновых процессов в течение 2011–2013 гг. кафедрой геологии и маркшейдерского дела НИТУ «МИСиС» совместно с ООО «Алькомп-Европа» была развернута система комплексного мониторинга потенциально оползневых склонов. Она включает набор аппаратных средств по интерактивному сбору геодезической и гидрогеологической информации (инклинометрические измерения, автоматизированная тахеометрическая съемка и сбор пьезометрических данных по сети скважин). Основной объем исследований потенциально оползневых массивов был осуществлен в 2012–2013 гг..

На начальных этапах в окрестности строительства вокзала Альпика-Сервис было выполнено рекогносцировочное обследование территории. По материалам маршрутных исследований и имеющимся данным о геологическом строении местности были выявлены ключевые участки для проведения дальнейших полевых работ.

Для отбора проб-монолитов глинистых сланцев (рассланцованных аргиллитов) на основе рекогносцировочных наблюдений и имеющейся геологической информации

были выделены площадки, на которых они непосредственно выходят на поверхность и где мощность рыхлых отложений не превышает 2,5 м. Затем внутри каждого выделенного участка точки позиционировались в соответствии с современными принципами проектирования сетей опробования, с применением математического моделирования и соблюдением основных принципов инженерно-геологических изысканий: равной достоверности, полноты исследований, последовательных приближений накопления информации и минимальных временных и финансовых затрат. Внутри каждого выделенного участка были определены обобщенные функции изменчивости по совокупности исследуемых характеристик отложений, что позволило спроектировать инженерно-геологическую сеть опробования. Использованная методика позволила минимизировать количество пунктов сбора информации без потери ее достоверности [3, 4].

Выбуривание кернов производилось непосредственно из массива после зачистки верхнего выветрелого слоя и штуфов, отобранных из шурфов и обнажений в руслах постоянных и временных водотоков (рис. 1).



*a*



*б*

Рис. 1. Выбуривание кернов: *a* – непосредственно из массива горных пород; *б* – из штуфов



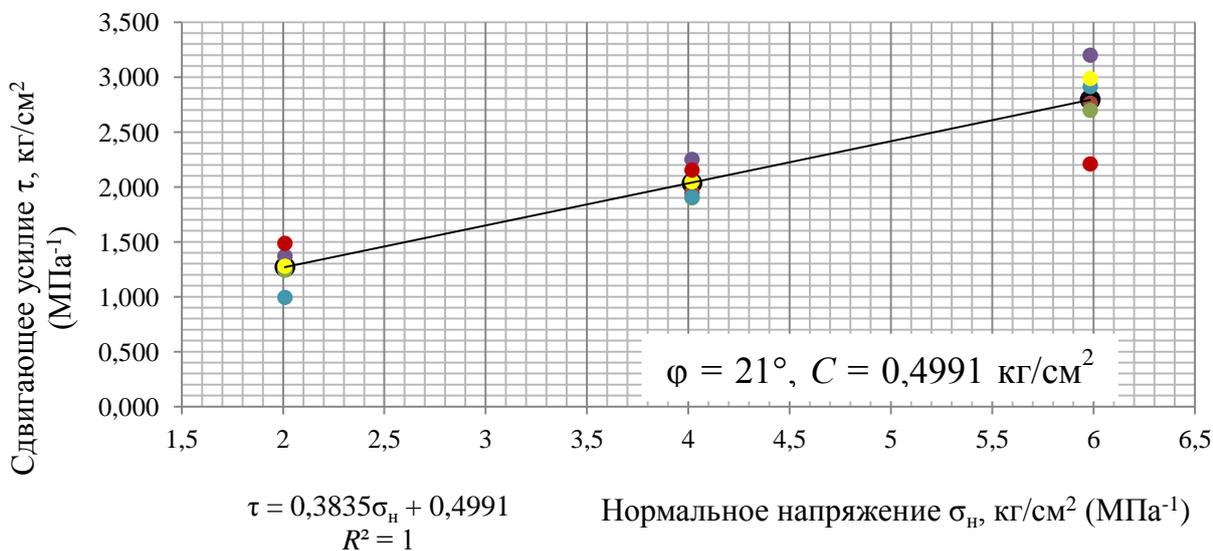
# ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для отбора необходимого количества образцов было пройдено 10 шурфов (глубиной до 2 м), из которых отобрано в общей сложности 65 образцов, в том числе 42 керна диаметром 42 мм и минимальной длиной 85 мм, 17 штуфов для последующего выбуривания из них проб необходимых геометрических форм и размеров, а также 6 проб ненарушенной структуры связных пород. Последние представлены глинами, которые образовались в результате размокания обводненных сланцев.

Из обнажений в русловых потоках (в общей сложности 18 точек на двух участках) было отобрано: 134 керна (диаметром 42 мм и длиной от 88 до 181 мм), 23 штуфа для

последующего выбуривания в лабораторных условиях. На террасированном участке близ выхода из железнодорожного участка было проведено опробование всего обнажения глинистых сланцев и черных глин с средним шагом опробования 1–1,5 м.

В процессе лабораторных испытаний были определены плотность ( $\rho$ ), прочность породы при одноосном сжатии ( $\sigma_{сж}$ ), прочность породы при одноосном растяжении ( $\sigma_{р}$ ), модуль упругости ( $E_y$ ), модуль деформации ( $E_d$ ), коэффициент Пуассона ( $\nu$ ), угол внутреннего трения ( $\varphi$ ), удельное сцепление (рис. 2).



a

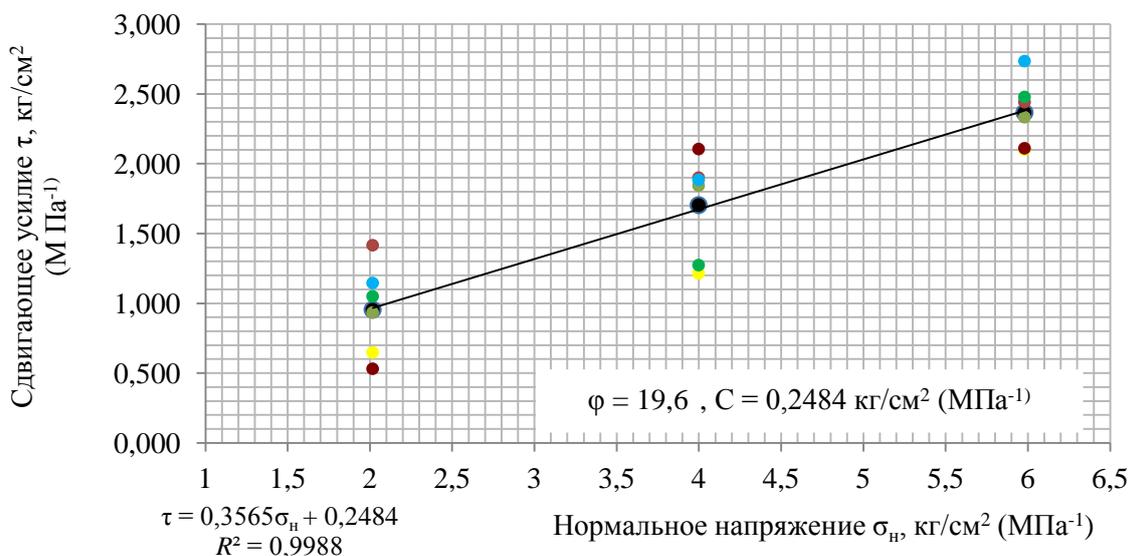


Рис. 2. Зависимости  $\tau(\sigma_n)$  для глинистых сланцев (a); суглинков дресвяных (б)



Для глинистых сланцев при их сдвиговых испытаниях по напластованию и суглинков дресвяных с включением щебня получены практически одинаковые значения угла внутреннего трения и сцепления, что свидетельствует о наличии глинистого материала между слоями сланца. Данный факт приводит к значительным ослаблениям внутри массива и повышению оползнеопасности.

Полученные данные в результате полевых и лабораторных исследований позволили оконтурить, а затем смоделировать склоны с учетом физико-механических свойств слагающих их пород, а также в привязке к гидрогеологическим условиям местности.

Для оценки опасности потенциально оползневых склонов были произведены вычисления коэффициента запаса устойчивости ( $\eta$ ) на участках мониторинга 8 и 9 по десяти контрольным профилям при различной степени обводненности массива с помощью программного комплекса, разработанного на кафедре геологии Московского государственного горного университета.

Выбуривание кернов производилось непосредственно из массива после зачистки верхнего выветрелого слоя и штуфов, отобранных из шурфов и обнажений в руслах постоянных и временных водотоков (рис. 1).

Для отбора необходимого количества образцов было пройдено 10 шурфов (глубиной до 2 м), из которых отобрано в общей сложности 65 образцов, в том числе 42 керна диаметром 42 мм и минимальной длиной 85 мм, 17 штуфов для последующего выбуривания из них проб необходимых геометрических форм и размеров, а также 6 проб ненарушенной структуры связных пород. Последние представлены глинами, которые образовались в результате размокания обводненных сланцев.

Из обнажений в русловых потоках (в общей сложности 18 точек на двух участках) было отобрано: 134 керна (диаметром 42 мм и длиной от 88 до 181 мм), 23 штуфа для последующего выбуривания в лабораторных условиях. На террасированном участке близ выхода из железнодорожного участка было проведено опробование всего обнажения

глинистых сланцев и черных глин с средним шагом опробования 1–1,5 м.

В процессе лабораторных испытаний были определены плотность ( $\rho$ ), прочность породы при одноосном сжатии ( $\sigma_{сж}$ ), прочность породы при одноосном растяжении ( $\sigma_{р}$ ), модуль упругости ( $E_y$ ), модуль деформации ( $E_d$ ), коэффициент Пуассона ( $\nu$ ), угол внутреннего трения ( $\varphi$ ), удельное сцепление (рис. 2).

Для глинистых сланцев при их сдвиговых испытаниях по напластованию и суглинков дресвяных с включением щебня получены практически одинаковые значения угла внутреннего трения и сцепления, что свидетельствует о наличии глинистого материала между слоями сланца. Данный факт приводит к значительным ослаблениям внутри массива и повышению оползнеопасности.

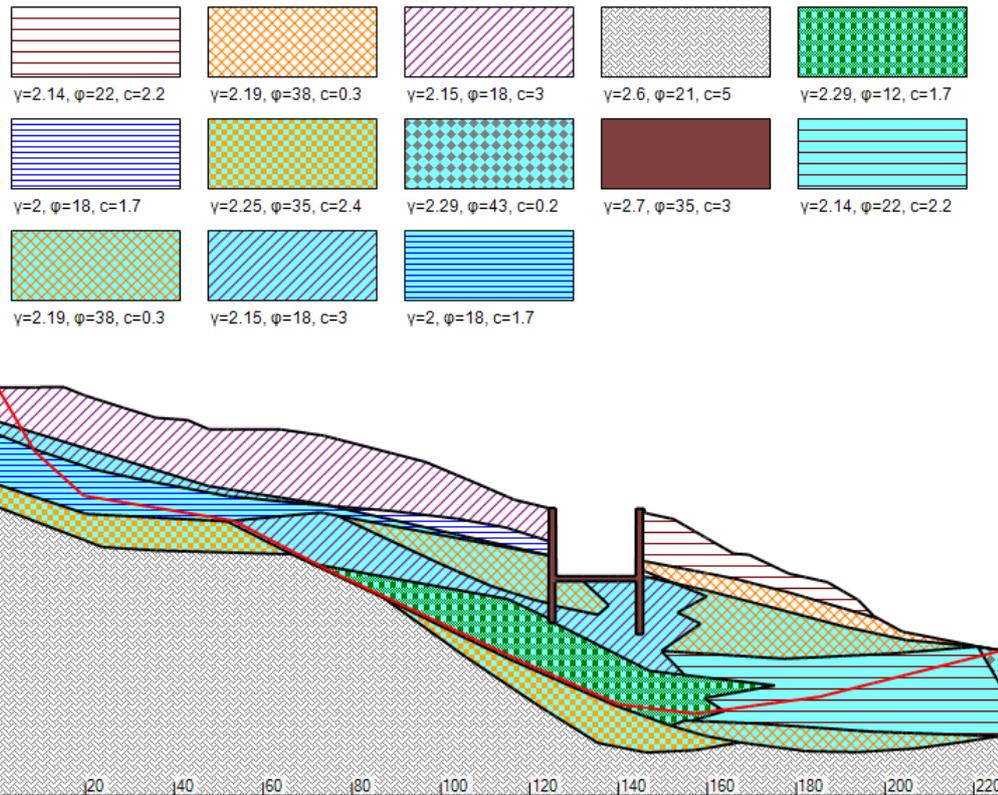
Полученные данные в результате полевых и лабораторных исследований позволили оконтурить, а затем смоделировать склоны с учетом физико-механических свойств слагающих их пород, а также в привязке к гидрогеологическим условиям местности.

Для оценки опасности потенциально оползневых склонов были произведены вычисления коэффициента запаса устойчивости ( $\eta$ ) на участках мониторинга 8 и 9 по десяти контрольным профилям при различной степени обводненности массива с помощью программного комплекса, разработанного на кафедре геологии Московского государственного горного университета.

В расчетах используются методы, утвержденные Гостехнадзором России и базирующиеся на теории предельного равновесия «сыпучей среды», включающей также и предельное равновесие связной среды с трением, к которой относится рассматриваемый массив горных пород (рис. 3) [1].

В течение 2013 г. был осуществлен комплекс работ по оценке устойчивости склонов при различных изменениях сейсмической, гидрогеологической и климатической обстановки, что в конечном итоге позволило сформулировать критерии в





Устойчивость по методу алгебраического суммирования:  
 $\eta = 0,95136$   
 Устойчивость по методу многоугольника сил:  
 $\eta = 0,95299$

Рис. 3. Расчет коэффициента запаса в программе Geodamp при заданном уровне воды в гидрогеологических скважинах

численном эквиваленте для оценки оползневой опасности. Выявленные зависимости коэффициента запаса устойчивости от уровней воды в сети гидрогеологических скважин и с учетом

количества осадков были использованы в автоматизированной системе сбора и обработки информации о состоянии массивов горных пород вдоль совмещенной дороги (рис. 4).

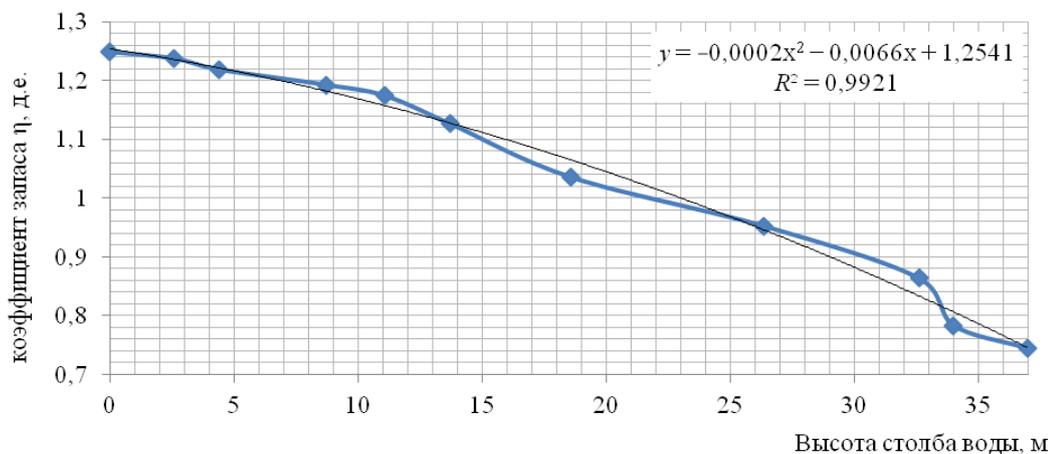


Рис.4. Зависимость коэффициента устойчивости от высоты столба воды в гидрогеологической скважине



Разработанная и внедренная система комплексного инженерно-геологического удаленного автоматизированного мониторинга является уникальной. Опыт, полученный в результате ее развертывания, может быть использован на горных предприятиях, а также при строительстве на оползнеопасных территориях. Важной отличительной чертой системы является возможность учета изменения состояния массива горных пород во времени и пространстве; проектирование сетей сбора данных осуществляется на основе методов статистики и кластерного анализа, что позволяет наиболее достоверно определить изменчивость свойств горных пород. Комплексность достигается путем расчета предельных значений по набору параметров в качестве функций зависимости устойчивости систем от вектора состояния породного массива.

Осуществленный комплекс работ в 2012–2013 гг. показывает, что склоны вблизи железнодорожного вокзала Альпика-Сервис обладают низкими коэффициентами запаса устойчивости, а некоторые потенциально оползневые тела находятся в состоянии предельного равновесия, что может привести к аварийным ситуациям при изменении сейсмической и гидрогеологической ситуации. В связи с этим были разработаны рекомендации по развертыванию сети гидрогеомеханического мониторинга с высокой плотностью для быстрого оповещения о достижении критического уровня воды и принятия управленческих решений по укреплению откоса.

### *Библиографический список*

1. Гальперин А.М. Геомеханика открытых горных работ. М.: Изд. МГГУ, 2003.
2. Осипов В. И., Мамаев Ю. А., Ястребов А. А.. Условия развития опасных геологических процессов на территории строительства горно-спортивных сооружений в Краснополяском районе г. Сочи. // М.: Геоэкология №4, 2013.
3. Ческидов В.В. Перспективы использования САПР при инженерно-геологических изысканиях на открытых горных разработках // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №11

4. Ческидов В.В. Инженерно-геологическое обеспечение управления состоянием массивов горных пород на оползнеопасных территориях // Горная промышленность. - 2015. - № 1 (119). - С.84-86
5. Гальперин А.М., Бородин Ю.В., Ческидов В.В., Демидов А.В., Прогноз и контроль нестационарных геомеханических процессов в горнотехнической и строительной практике // М.: Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геоэкология, 2014. - № 6.
6. Пуневский С.А., Ческидов В.В., Егорова И.В., Астапова В.А., Совершенствование технических средств и методов оценки состояния намывных техногенных массивов // М.: Маркшейдерия и недропользование, 2012. - №1
7. Ческидов В.В., Проектирование сетей инженерно-геологических изысканий на объектах горнодобывающей промышленности // М.: Горный журнал, 2011. - № 12
8. Абелев К.М., Ёлшин А.В., Аверин И.В., Храмов Д.В., Ракитина Н.Н. Особенности проведения инженерно-геологических изысканий при реконструкции зданий и сооружений в Москве // Промышленное и гражданское строительство. – М.: 2008. – №7.
9. Абелев М.Ю. Слабые водонасыщенные грунты как основание сооружений. – М.: Стройиздат, 1973.
10. Амарян Л.С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения. – М.: Недра, 1969.
11. Арабаджи М.С., Васильев Ю.М., Мильничук В.С., Чарыгин М.М. Опыт применения математических методов в геологии. – М.: Недра, 1969.
12. Бондарик Г.К., Горальчук М.И., Сироткин В.Г. Закономерности пространственной изменчивости лессовых пород. М.: Недра 1976.
13. Бондарик Г.К. Инженерно-геологические изыскания: учебник / Бондарик Г.К., Ярг Л.А. – 2-е изд. - Бондарик Г.К., Ярг Л.А. – 2-е изд. – М.: КДУ, 2008.
14. Berkhin P. Survey of Clustering Data Mining Techniques. – Accrue Software, 2002.
15. Grant Garven, Martin S. Appold, Vera I. Toptygina, Timothy J. Hazlett. Hydrogeologic modeling of the genesis of carbonate-hosted lead-zinc ores // Hydrogeology Journal, Springer-Verlag GmbH. – 1999. – №1(7).



16. Nivlet P., Fournier F., Royer J.J. A New Nonparametric Discriminant Analysis Algorithm Accounting for Bounded Data Errors // *Mathematical Geology* . – 2002. – №2(34).
17. Vijay Pakhmode, Himanshu Kulkarni, S.B. Deolankar Hydrological-drainage analysis in watershed-programme planning: a case from the Deccan basalt, India // *Hydrogeology Journal*, Springer-Verlag GmbH. – 2003. – №11
18. Viktorov A .Risk assessment based on the mathematical model of diffuse exogenous geological processes // *Mathematical Geology*. – 2007. – №8(39).
19. Edrisi G., Ajalloeian R., Engineering and structural geology evaluation of Khansar-Boien Miyandasht tunnel // *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Volume 20, Issue 7, 2015 pp. 1751-1764, doi: 10.2113/gseegeosci.18.2.113
20. Van Arsdale R.B., Arellano D., Stevens K.C., Hill A.A., Lester J.D., Parks A.G., Csontos R.M., Rapino M.A., Deen T.S., Woolery E.W., Harris J.B., Geology, geotechnical engineering, and natural hazards of Memphis, Tennessee, USA // *Environmental and Engineering Geoscience*, vol 18, 2012, pp 113-158, doi: 10.2113/gseegeosci.18.2.113
21. Mortimore R., Newman T.G., Royse K., Scholes H., Lawrence U., Chalk: Its stratigraphy, structure and engineering geology: In east London and the Thames Gateway // *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, vol. 44, 2011, pp. 419-444, ISSN: 14709236, DOI: 10.1144/1470-9236/10-013
22. Gurung N., Haneberg W.C. , Ramana G.V., Datta M., Engineering geology and stability of the laprak landslide, gorkha district, western Nepal // *Environmental and Engineering Geoscience*, vol. 17, 2011, pp. 23-38, doi: 10.2113/gseegeosci.17.1.2

## “Gornye nauki i tehnologii”/ “Mining science and technology”, 2015, № 1, pp. 51–57

<b>Title:</b>	Engineering geological monitoring to ensure the stability of landslide slopes in the conditions of transport construction
<b>Author 1</b>	Name&Surname: <b>Cheskidov V.V.</b> Company: <b>NUST «MISIS»</b> Work Position: <b>Associate professor:</b> Contacts: <b>vcheskidov@yandex.ru</b>
<b>Author 2</b>	Name&Surname: <b>Manevich A.I.</b> Company: <b>laboratory of geodynamics Geophysical Center RAS</b> Work Position: <b>junior researcher</b> Contacts: <b>alm-94@yandex.ru</b>
<b>Abstract:</b>	Exploitation of landslide-prone escarpments of middle safety factor, or in a state of limiting equilibrium can lead to a crash when changing the seismic and hydro-geological situation. In this connection it is necessary to develop recommendations for the deployment of a network of information collection points hydrogeomechanical c monitoring high density for rapid notification of reaching the critical water level and management decisions to strengthen the slope.
<b>Keywords:</b>	Landslides danger, slopes, slope processes, geological engineering, hydrology, monitoring, zondirovochnye work, mathematical modeling
<b>References:</b>	1. Gal'perin A. M., Geomekhanika otkrytykh gornykh rabot (Geomechanics open pit mining). M.: Izd. MGGU - Moscow State Mining University, 2003. 2. Osipov V. I., Mamayev YU. A., Yastrebov A. A.. Usloviya razvitiya opasnykh geologicheskikh protsessov na territorii stroitel'stva gorno-sportivnykh sooruzheniy v Krasnopolyanskom rayone g. Sochi. (Terms of dangerous geological processes on the territory of mining and construction of sports facilities in Krasnaya Polyana near Sochi.) // M.: Geoekologiya - Geocology №4, 2013. 3. Cheskidov V.V. Perspektivy ispol'zovaniya SAPR pri inzhenerno-geologicheskikh izyskaniyakh na otkrytykh gornykh razrabotkakh (Prospects for the use of CAD in the engineering-geological surveys in open mining) // <i>Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'</i> - Mine information-analytical bulletin. – 2011. – №11 4. Cheskidov V.V. Inzhenerno-geologicheskoye obespecheniye upravleniya sostoyaniyem massivov gornykh porod na opolzneopasnykh territoriyakh (Engineering geological management software in rock massif in the landslide-prone areas) // <i>Gornaya</i>



- promyshlennost' - Mining. - 2015. - № 1 (119). - S.84-86
5. Gal'perin A.M., Borodina YU.V., Cheskidov V.V., Demidov A.V., Prognoz i kontrol' nestatsionarnykh geomekhanicheskikh protsessov v gornotekhnicheskoy i stroitel'noy praktike (Forecast and control of non-stationary geomechanical processes in the mine technical and construction practice) // M.: Geokologiya, inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya - Geoecology, engineering geology, hydrogeology, Geocryology, 2014. - № 6.
  6. Punevskiy S.A., Cheskidov V.V., Yegorova I.V., Astapova V.A., Sovershenstvovaniye tekhnicheskikh sredstv i metodov otsenki sostoyaniya namyvnykh tekhnogennykh massivov (Perfection of means and methods of assessment of technogenic alluvial arrays) // M.: Marksheyderiya i nedropol'zovaniye - Mine Surveying and subsoil, 2012. - №1
  7. Cheskidov V.V., Proyektirovaniye setey inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy na ob"yektakh gornodobyvayushchey promyshlennosti (Designing of networks of engineering and geological surveys on the objects of the mining industry)// M.: Gornyy zhurnal - Mining Journal, 2011. - № 12
  8. Abelev K.M., Yolshin A.V., Averin I.V., Khranov D.V., Rakitina N.N. Osobennosti provedeniya inzhenerno-geologicheskikh izyskaniy pri rekonstruktsii zdaniy i sooruzheniy v Moskve (Features of engineering and geological surveys in the reconstruction of buildings and structures in Moscow) // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo - Industrial and civil construction. – M.: 2008. – №7.
  9. Abelev M.YU. Slabye vodonasyschennyye grunty kak osnovaniye sooruzheniy (Weak saturated soil as a base structures). – M.: Ctroyizdat, 1973.
  10. Amaryan L.S. Svoystva slabykh gruntov i metody ikh izucheniya (The properties of weak soils and methods of their study). – M.: Nedra, 1969.
  11. Arabadzhi M.S., Vasil'yev YU.M., Mil'nichuk V.S., Charygin M.M. Opyt primeneniya matematicheskikh metodov v geologii (Experience in the application of mathematical methods in geology). – M.: Nedra, 1969.
  12. Bondarik G.K., Goral'chuk M.I., Sirotkin V.G. Zakonomernosti prostranstvennoy izmenchivosti lessovykh porod. (Laws of spatial variability of loess.) M.: Nedra 1976.
  13. Bondarik G.K. Inzhenerno-geologicheskiye izyskaniya: uchebnik (Geotechnical surveys: the textbook) / Bondarik G.K., Yarg L.A. – 2-ye izd. - Bondarik G.K., Yarg L.A. – 2-ye izd. – M.: KDU, 2008.
  14. Berkhin P. Survey of Clustering Data Mining Techniques. – Accrue Software, 2002.
  15. Grant Garven, Martin S. Appold, Vera I. Toptygina, Timothy J. Hazlett. Hydrogeologic modeling of the genesis of carbonate-hosted lead-zinc ores // Hydrogeology Journal, Springer-Verlag GmbH. – 1999. – №1(7).
  16. Nivlet P., Fournier F., Royer J.J. A New Nonparametric Discriminant Analysis Algorithm Accounting for Bounded Data Errors // Mathematical Geology . – 2002. – №2(34).
  17. Vijay Pakhmode, Himanshu Kulkarni, S.B. Deolankar Hydrological-drainage analysis in watershed-programme planning: a case from the Deccan basalt, India // Hydrogeology Journal, Springer-Verlag GmbH. – 2003. – №11
  18. Viktorov A .Risk assessment based on the mathematical model of diffuse exogenous geological processes // Mathematical Geology. – 2007. – №8(39).
  19. Edrisi G., Ajalloeian R., Engineering and structural geology evaluation of Khansar-Boien Miyandasht tunnel // Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Volume 20, Issue 7, 2015 pp. 1751-1764, ISSN: 10893032, DOI: 10.2113/gseegeosci.18.2.113
  20. Van Arsdale R.B., Arellano D., Stevens K.C., Hill A.A., Lester J.D., Parks A.G., Csontos R.M., Rapino M.A., Deen T.S., Woolery E.W., Harris J.B., Geology, geotechnical engineering, and natural hazards of Memphis, Tennessee, USA // Environmental and Engineering Geoscience, vol 18, 2012, pp 113-158, doi: 10.2113/gseegeosci.18.2.113
  21. Mortimore R., Newman T.G., Royse K., Scholes H., Lawrence U., Chalk: Its stratigraphy, structure and engineering geology: In east London and the Thames Gateway // Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, vol. 44, 2011, pp. 419-444, doi: 10.1144/1470-9236/10-013



22. Gurung N., Haneberg W.C. , Ramana G.V., Datta M., Engineering geology and stability of laprak landslide, gorkha district, western Nepal // Environmental and Engineering Geoscience 17, 2011, pp. 23-38, ISSN: 10787275 DOI: 10.2113/gseegeosci.17.1.23

