

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

ISSN 1997-8650 (Print)
ISSN 2587-8255 (Online)

ENGINEERING SURVEY

Vol. XII • Том XII 5-6/2018

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

При поддержке:

Саморегулируемая организация



Ассоциация
«Инженерные изыскания
в строительстве»



СОБЫТИЯ И МНЕНИЯ

Захаров М.С., Лаврусевич А.А., Кропоткин М.П.

Правильные люди должны делать правильное дело правильными методами 6

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Отмахов Ю.С., Королюк А.Ю., Ермаков А.А.

Некоторые рекомендации по исследованию растительного покрова при выполнении инженерно-экологических изысканий 20

Колесников Р.А., Макеев В.М., Романова Е.Н., Стурман В.И., Журкина К.А.

Исследование объектов накопленного экологического ущерба на острове Вилькицкого (Карское море) 32

Космаков И.В., Петров В.М., Шулепина С.П.

Оценка биомассы донной фауны нижнего течения реки Ангара в районе Горевского ГОКа 42

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М.,

Энтин А.Л., Иванов М.М.

Изучение морфологии оползня на основе данных ГНСС и воздушного зондирования (на примере участка долины р. Протва) 50

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Матвеев А.Ю., Гаврилова И.П., Ковязин А.В., Бровков Е.В.

Создание опорного геодезического обоснования для выполнения инженерных изысканий на примере объектов железнодорожного транспорта 58

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Крылов А.А.

Модификация метода эмпирической функции Грина для синтеза акселерограмм в слабосейсмичных областях 72

Трифонов Б.А., Севостьянов В.В.

Особенности проведения сейсмического микрорайонирования на урбанизированной территории морского побережья г. Геленджик при высотном строительстве 82

ПРИЛОЖЕНИЯ

Лирическое грунтоведение

Глумова Г.М. (составитель)

Глины в зарубежной и русской поэзии (сборник). Раздел V. Часть 1 92

Отраслевые новости 98





<https://doi.org/10.25296/1997-8650-2018-12-5-6-50-57>

УДК 551.4

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ОПОЛЗНЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ГНСС И ВОЗДУШНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ДОЛИНЫ Р. ПРОТВА)

ВОСКРЕСЕНСКИЙ И.С.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, isvoskresensky@rambler.ru
Адрес: Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия

СУЧИЛИН А.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, asuhov308@gmail.com

УШАКОВА Л.А.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, ushakova@mail.ru

ШАФОРОСТОВ В.М.*

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, gislabinfo@mail.ru

ЭНТИН А.Л.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, aentin@geogr.msu.ru

ИВАНОВ М.М.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия, ivanovm@bk.ru

Аннотация: использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для получения цифровых моделей рельефа и цифровых моделей местности в настоящее время активно практикуется в научных и научно-практических задачах. Среди преимуществ этой технологии — оперативность, простота использования и возможность применения для небольших по площади участков местности. Это позволяет выполнять качественные и количественные исследования опасных рельефообразующих процессов, оперативно оценивать их последствия. В настоящей работе описан процесс получения цифровой модели рельефа участка оползания, расположенного на берегу р. Протва к востоку от с. Беницы (Сатинский учебный полигон географического факультета Московского государственного университета (МГУ) имени М.В. Ломоносова). Для получения цифровой модели рельефа была создана временная опорная сеть. Координаты пунктов измерены методом спутникового позиционирования с использованием высокоточного мобильного комплекса. Съёмка участка выполнена с помощью беспилотного летательного аппарата с небольшой высоты (порядка 40–45 м). В результате автоматической фотограмметрической обработки удалось получить цифровую модель поверхности оползня на участке долины р. Протва. Дистанционное зондирование дополнено изучением архивных материалов аэрофотосъёмки, а также натурным обследованием, проведенным непосредственно после схода оползня. Совокупность материалов — цифровая модель рельефа и временная опорная сеть, полученных в результате исследования, позволила установить причины и характер протекания процесса оползания на исследуемом участке. По геоморфологическим условиям образования оползень относится к разновидности оползней-сплывов, которые образуются при насыщении рыхлых отложений водой. Оползневое тело сформировалось при «сплыве» блоков дернины и делювиальных суглинков и их «разрушении» по мере смещения и аккумуляции у подножья склона.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты; структурный сдвиг; глобальная навигационная спутниковая система; рельеф; дифференциальная геодезическая станция, ледниковые отложения; морена; террасовидная поверхность; склон; оползни-сплывы

Ссылка для цитирования: Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Шафоростов В.М., Энтин А.Л., Иванов М.М., 2018. Изучение морфологии оползня на основе данных ГНСС и воздушного зондирования (на примере участка долины р. Протва). Инженерные изыскания, Том XII, № 5–6, с. 50–57, <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2018-12-5-6-50-57>.

STUDY OF THE LANDSLIDE MORPHOLOGY BASED ON GNSS DATA AND AIRBORNE SOUNDING (ON THE EXAMPLE OF A SECTION OF THE PROTVA RIVER VALLEY)

IVAN S. VOSKRESENSKY

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
isvoskresensky@rambler.ru
Address: Bld. 1, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia*

ALEKSANDR A. SUCHILIN

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
asuhov308@gmail.com*

LYUDMILA A. USHAKOVA

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, ushakova@mail.ru

VIKTOR M. SHAFOROSTOV*

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
gislabinfo@mail.ru*

ANDREI L. ENTIN

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
aentin@geogr.msu.ru*

MAKSIM M. IVANOV

*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia,
ivanovm@bk.ru*

Abstract: to use unmanned aerial vehicles (UAVs) for obtaining digital elevation models (DEM) and digital terrain models (DTM) is currently actively practiced in scientific and practical purposes. This technology has many advantages: efficiency, ease of use, and the possibility of application on relatively small area. This allows us to perform qualitative and quantitative studies of the progress of dangerous relief-forming processes and to assess their consequences quickly. In this paper, we describe the process of obtaining a digital elevation model (DEM) of the relief of the slope located on the bank of the Protva River (Satino training site of the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University). To obtain the digital elevation model, we created a temporary geodetic network. The coordinates of the points were measured by the satellite positioning method using a high-precision mobile complex. The aerial survey was carried out using an unmanned aerial vehicle from a low altitude (about 40–45 m). The processing of survey materials was performed via automatic photogrammetry (Structure-from-Motion method), and the digital elevation model of the landslide surface on the Protva River valley section was created. Remote sensing was supplemented by studying archival materials of aerial photography, as well as field survey conducted immediately after the landslide. The total amount of research results made it possible to establish the causes and character of the landslide process on the study site. According to the geomorphological conditions of formation, the landslide refers to a variety of landslides, which are formed when water is saturated with loose deposits. The landslide body was formed with the "collapse" of the blocks of turf and deluvial loams and their "destruction" as they shifted and accumulated at the foot of the slope.

Key words: Unmanned Aerial Vehicles; Structure-from-Motion (SfM); Global navigation satellite system; relief; differential geodetic station; landforms; glacial deposits; moraine; terraced surface; slope; debris flow

For citation: Voskresensky I.S., Suchilin A.A., Ushakova L.A., Shaforostov V.M., Entin A.L., Ivanov M.M., 2018. Study of the landslide morphology based on GNSS data and airborne sounding (on the example of a section of the Protva river valley). *Engineering Survey*, Vol. XII, No. 5–6, pp. 50–57, <https://doi.org/10.25296/1997-8650-2018-12-5-6-50-57>.

Введение

Полевые исследования проводились на севере Калужской области на правом борту долины р. Протва в июне 2017 г. в границах учебного полигона географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В процессе исследований обследован участок в непосредственной близости от жилых домов села Беницы, построек сельскохозяйственного предприятия и действующего храма с фундаментами прежних церковных построек, в том числе X века (рис. 1).

Для детального исследования был выбран участок оползневого склона. На нем в июне 2017 г. после выпадения продолжительных и обильных осадков произошло оползание участка площадью 327,3 м². На участке оползания выполнено дистанционное зондирование с одновременным наземным изучением релье-

фа склона и оползневого тела, размеры которого составляют по линии юг — север 28,3 м, по линии запад — восток 14,2 м. В последующем была проведена камеральная обработка полученных данных, архивных и опубликованных материалов. При обработке использовались данные двух буровых скважин (А-7-1, А-6-1) учебного полигона МГУ имени М.В. Ломоносова, расположенных в 150 м вверх по течению р. Протва и в 150 м в пойме р. Межиловка (правый приток р. Протва), соответственно, от исследуемого участка [1].

Методика исследования

Изучение архивных материалов

Среди архивных материалов дистанционного зондирования, а это космические и аэрофотоснимки, накопленные начиная с 1951 г., присутствуют снимки

на изучаемый участок, отражающие его состояние в предшествующие годы (рис. 2). На них отчетливо видно, что на участке исследования отсутствуют какие-либо внешние признаки, указывающие на процесс оползания (трещины, микротеррасы и т.д.), однако можно заметить плавные «валообразные» изменения поверхности склона.

На рис. 3 представлен ближайший по времени к периоду исследований снимок вертолетной аэрофотосъемки (номинальное разрешение 10–15 см, высота съемки 700 м), характеризующий состояние участка осенью 2011 г.

Дешифрирование снимка также показывает, что на участке отсутствуют явные признаки оползания. На снимке отчетливо выражена «террасовидная поверхность», сложенная моренными суглинками с валунами (нижняя часть

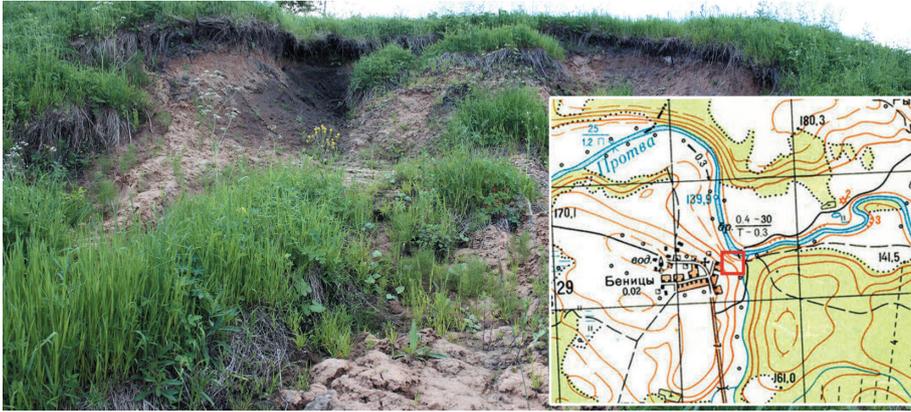


Рис. 1. Схема расположения участка исследований (на заднем плане: верхняя часть оползня)

Fig. 1. Research site location (background: the upper part of the landslide)



Рис. 2. Фрагменты разновременных снимков на участок мониторинга

Fig. 2. Fragments of different photos at the monitoring site

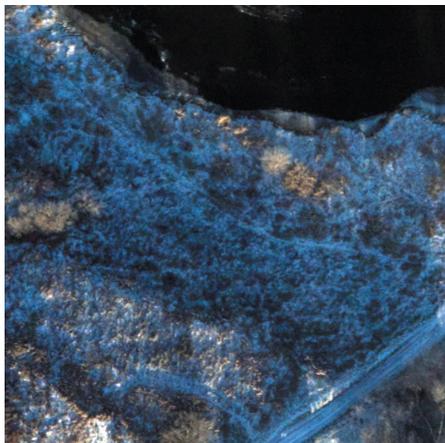


Рис. 3. Участок исследований в среднем течении р. Протва, 2011 г.

Fig. 3. The research area in the middle reaches of the Protva River, 2011

снимка, освещенная поверхность), крутой склон «террасовидной поверхности» (темный светотон из-за нахождения склона в «световой тени»), поверхность поймы р. Протва («пятнисто освещенная» поверхность) и русло реки (темная поверхность воды). Методика натурного исследования заключалась в описании поверхности естественного

склона, не подвергшегося оползанию, и рассмотрении «оползневого тела». Были изучены и описаны отложения, выходящие на дневную поверхность в пределах естественного склона: валунные суглинки «днепровской» морены и линзы торфа. Также были исследованы морфология и грунты оползневого тела. Следует отметить, что к кровле валунных суглинков приурочен выход грунтовых вод (родник).

Дистанционное воздушное зондирование

Исследование проводилось с применением беспилотного летательного аппарата (БЛА) (рис. 4) и высокоточного мобильного комплекса глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) «Leica Viva».

Съемка участка проводилась 19.06.2017 г с 15.00 до 16.00 часов по местному времени с помощью БЛА «DJI Phantom 3»¹ с высоты 40–45 м стандартной камерой указанного аппарата. Фокусное расстояние камеры составляет 3,61 мм (20 мм в 35-мм эквиваленте), угол обзора — 94°. Съемка осложнялась погодными условиями: яркое освещение и тени от элементов

местности (деревьев и кустов) закрывали часть территории съемки.

БЛА «DJI Phantom 3» управляется при помощи пульта и/или мобильного устройства с дополнительными функциями управления полетом, что упрощает работу. Например, БЛА этой серии может осуществлять полет по заранее спланированным и интегрированным в память БЛА поворотным точкам (программное обеспечение «DroneDeploy» или «Pix4D»), производя фотографирование с заданной периодичностью или через определенное расстояние. В совокупности это позволяет осуществлять аэрофотосъемку с БЛА практически в автоматическом режиме. Это последнее преимущество, однако, не использовали в ходе съемки участка, т.к. ввиду небольшой территории исследований достаточно было сделать серию снимков в ручном режиме. Всего на участке сделано 28 снимков с продольным перекрытием порядка 80%.

В целях геопространственной фиксации материалов воздушного зондирования и минимизации искажений цифровых материалов БЛА, учитывая невысокую точность штатной навигационной системы БЛА, а также отсутствие элементов внутреннего и внешнего ориентирования снимков, по периметру и в центре исследуемого участка были размещены пять опорных знаков (рис. 5).

Для определения плановых координат опорных знаков, которые однозначно дешифрируются на снимках БЛА, использовался высокоточный мобильный комплекс ГНСС «Leica Viva». Измерения проводились в режиме «статика», после чего полученные накопления мобильного комплекса были уравнилены относительно ближайшей дифференциальной геодезической станции (ДГС) ГНСС «Satino» (находится в трех километрах восточнее исследуемого участка), входящей в состав сети ДГС географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Назначение ДГС ГНСС заключается в обеспечении дифференциальными поправками пользователей мобильных комплексов ГНСС в рамках полевых исследований (например, профилирование, съемка рельефа, планировка участка исследований, измерений локальных или площадных природных явлений и т.п.), что позволяет обеспечить гарантированную сантиметровую точность объектов измерений после уравнивания, которое проводилось в программном продукте «Lei-

¹ <http://www.dji.com/phantom-3-standard/>



Рис. 4. «Сырой» снимок участка, полученный с БЛА «DJI Phantom 3» (внизу на врезке перспективные снимки участка)

Fig. 4. A "raw" aerial photo of the site obtained from the UAV «DJI Phantom 3» (below perspective photos of the site)

саGeoOffice» (LGO). Антенна ДГС одновременно принимает сигналы действующих спутниковых группировок «ГЛОНАСС/GPS». Аппаратная часть станций состоит из модулей швейцарской компании «Leica GeoSystems».

В результате уравнивания накопленных измерений на опорных знаках относительно ДГС ГНСС «Satino» были рассчитаны их высокоточные координаты в системе координат WGS84 для участка исследований. Вычисленные координаты послужили для трансформации цифровых материалов зондирования БЛА в принятую систему координат, что позволило интегрировать снимки в геоинформационную часть проекта отдельными слоями и проводить необходимое моделирование (профилирование, расчет объемов и т.п.).

Материалы аэрофотосъемки были обработаны фотограмметрическим способом с использованием наземных опорных знаков при помощи автоматического коррелятора. Эта методика в современной литературе называется «построение трехмерной модели по набору изображений» (Structure from Motion, SfM) и активно применяется как для качественных [5], так и для количественных оценок состояния и динамики рельефа [3, 6]. Были рассчитаны связующие

точки для стереопар снимков, а затем сформировано «плотное облако» точек, покрывающее территорию снимаемых объектов. Для исследуемого участка «облако точек» составило — 7 300 точек/м² (73 точки на каждый квадратный дециметр). Иными словами, были сформированы цифровые модели местности (ЦММ), представляющие данные о высотах исследуемых участков, включая кустарники, деревья, строения и другие высотные объекты.

К полученным плотным облакам была применена операция классификации для извлечения точек, описывающих поверхность рельефа, и удаления точек, соответствующих относительно высоким объектам на поверхности (деревьям, кустарникам и т.п.). Эта операция необходима для корректного построения цифровой модели рельефа (ЦМР), т.к. травяной покров на участке в общем и целом отражает изменения рельефа, а высоты деревьев и кустарников могут вносить сильные искажения в поле высот. Данная операция позволила сократить плотность «облака» точек примерно вдвое (40 точек/дм² для участка). Цифровая модель (в растровой форме) получена непосредственно из «облака точек» путем триангуляции с линейной интерполяцией. На основе ЦМР по-



Рис. 5. Расположение опорных знаков на участке

Fig. 5. The location of the signs on the site

строены горизонталь и различные производные модели участка (рис. 6).

Границы форм рельефа, кровли валунных суглинков и линз торфа прослеживались при натурных наблюдениях. В этих целях склон и оползневое тело пересекли маршрутами с интервалом порядка 5 м. В маршрутах на план масштаба 1:1 000 выносились морфология форм рельефа и литологический состав пород.

Результаты исследований Геоморфологические условия формирования оползня

В районе с. Беницы вдоль правого борта долины р. Протва протягиваются фрагменты ее низкой поймы относительной высотой до 2,0 м и «террасовидной поверхности» относительной высотой до 8–10 м [1]. Фрагменты поймы и «террасовидной поверхности» разделяет крутой (до 25–30°) склон относительной высотой до 8–10 м. В его пределах в июне 2017 г. сформировался оползень (рис. 7 и 8). В естественном (дооползневом состоянии) склон и «террасовидная поверхность» покрыты мелкими буграми и микротеррасами. Их относительная высота не превышает 0,2–0,3 м. Уступы микротеррас ориентированы под острым углом к простиранию склона. Эти микроформы поверхности склона достаточно уверенно выделяются по изменению фототона в виде светлых и темных «полос» и «пятен» при дешифрировании аэрофотоснимков. Микротеррасированность склонов в долине р. Протва, как правило, связана



Рис. 6. Перспективная модель участка и границы оползня на ортофотоплане

Fig. 6. Perspective model of the site and landslide boundaries

с неоднородностью литологического состава моренных, водно-ледниковых и озерно-ледниковых отложений, слагающих борта долины. В данном случае морфология склона определяется суглинистым механическим составом склоновых «делювиальных» отложений, формирующихся за счет неоднородных по литологическому составу моренных суглинков «днепровской» морены. При насыщении дождевой водой или при таянии снега суглинки делювиального генезиса переходят в текучепластичную консистенцию, что приводит к их массовому смещению на склоне [2].

«Террасовидная поверхность» сложена мореной неоплейстоценового возраста (среднего звена). Ее литологический состав типичен для данного района: суглинки с валунами известняков, магматических и метаморфических пород, прослой песка и линзы торфа. Особенностью геологического строения крутого склона является наличие торфяных линз в толще валунных суглинков морены.

Оползание захватило участок крутого склона от бровки «террасовидной поверхности» до шовной линии поймы, т.е. около 8 м относительной высоты. По простиранию склона вдоль оси долины ширина оползневого участка достигает 10–12 м. В результате оползания слагающих склон отложений сформировался рельеф оползневого склона (см. рис.7). В верхней части оползня обособилась «оползневая ступень» [4], сложенная дерном и суглин-

ками делювиального генезиса, мощностью не менее метра. Над поверхностью оползневой ступени образована субвертикальная «стенка» относительной высотой до двух метров, в которой обнажаются делювиальные суглинки с нависающим карнизом из дерна. Ниже оползневой ступени сформировалось «оползневое тело» — наклонная (в сторону низкой поймы) бугристо-микротеррасированная поверхность. С боковых сторон «оползневое тело» отделено от поверхности естественного склона уступами относительной высотой не менее метра, в которых обнажаются делювиальные суглинки и торф. Поверхность оползневого тела состоит из единичных «блоков» дернины изометричной в плане формы. Размер единичного «блока» в поперечнике колеблется от 20–30 см до 1 м и более. Под дерниной, как правило, сохранился слой суглинков делювиального генезиса мощностью до 0,3–0,5 м. С внешней фронтальной стороны «оползневое тело» ограничено валом из дерновых блоков. Относительное превышение над оползневым телом составляет не более 0,5 м. «Вал» имеет в плане изогнутую во внешнюю сторону форму и прорезан эрозионными бороздами. С внешней фронтальной стороны к «валу» примыкает оползневой «шлейф». Его ширина достигает трех — пяти метров. Он состоит из двух частей: внутренней (присклоновой) и внешней (пойменной). Внутренняя часть сложена супесями и суглинками, внешняя глинистыми грунтами.

Таким образом, оползень состоит из различных по морфологии частей: оползневого тела, оползневой ступени, оползневого шлейфа, вала из дерновых блоков. Оползневой вал и шлейф прорезаны эрозионными рытвинами и ложбинами (см. рис. 7). Оползневое тело сформировалось в результате «сплыва» блоков дернины, их «разрушения» по мере смещения и аккумуляции у подножья склона. Образование оползня связано с обводнением толщи валунных суглинков «днепровской» морены [1] и приобретении ими текучепластичной и текучей консистенции. Исследованный фрагмент склона долины р. Протва по геоморфологическим условиям образования и морфологии оползневого тела нами отнесен к «склонам оползней-сплывов» [2, с. 69, 7], которые формируются при насыщении моренных суглинков в результате выпадения атмосферных осадков.

Кроме того, расположение оползня на склоне предполагает увеличение его площади по боковым крутым склонам, а также движение «вершины» оползня в южном направлении.

Выводы

1. На участке долины р. Протва проведено подробное исследование склона с применением беспилотного летательного аппарата, локальной сети глобальной навигационной спутниковой системы и наземного обследования.
2. Комплексное применение современных методов дистанционного и

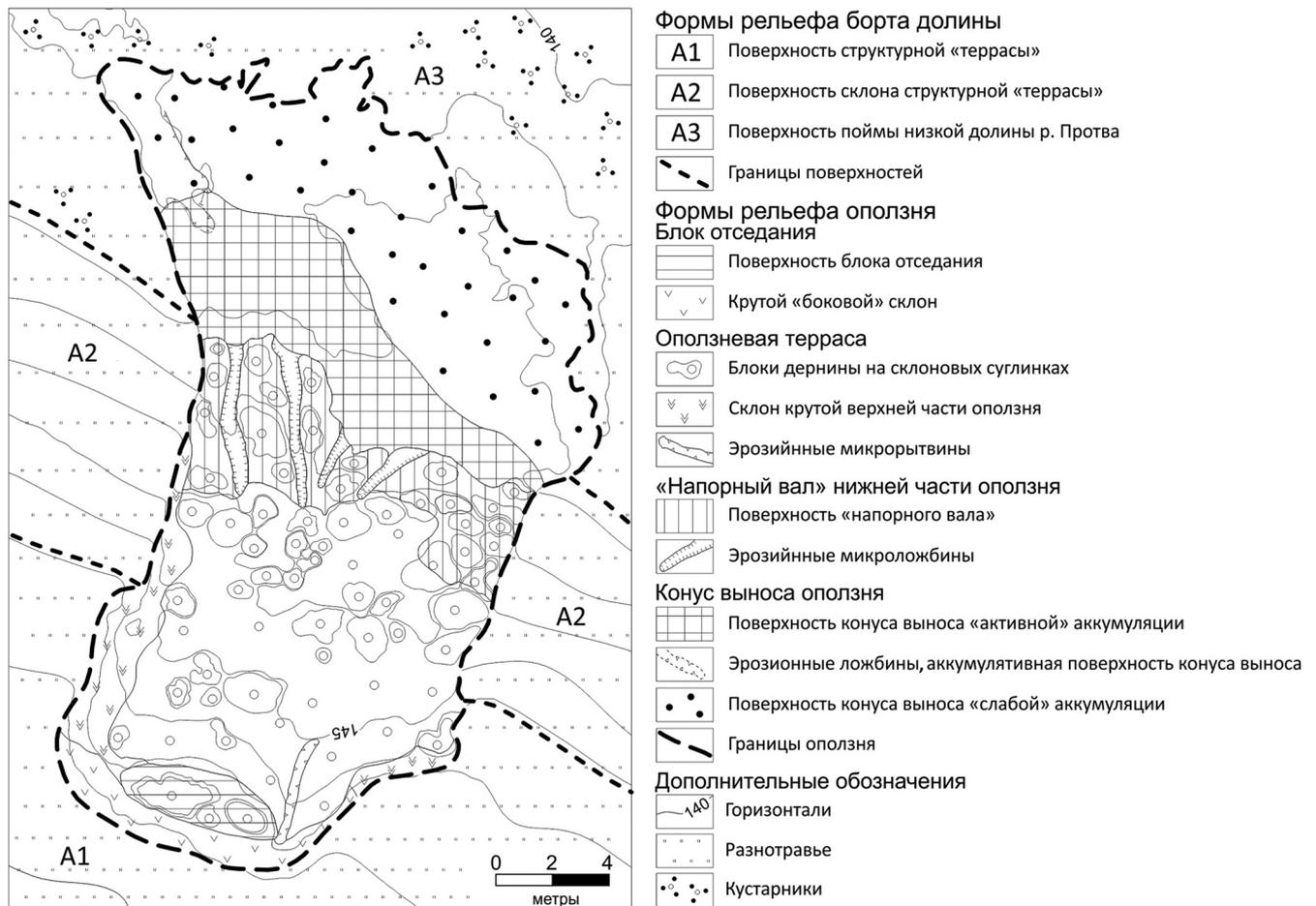


Рис. 7. Геоморфологическая схема фрагмента оползневой склона долины р. Протва и вновь образованного оползня (составлена авторами)

Fig. 7. The geomorphological scheme of the fragment of the landslide slope of the Protva River valley and the newly formed landslide (compiled by the authors)

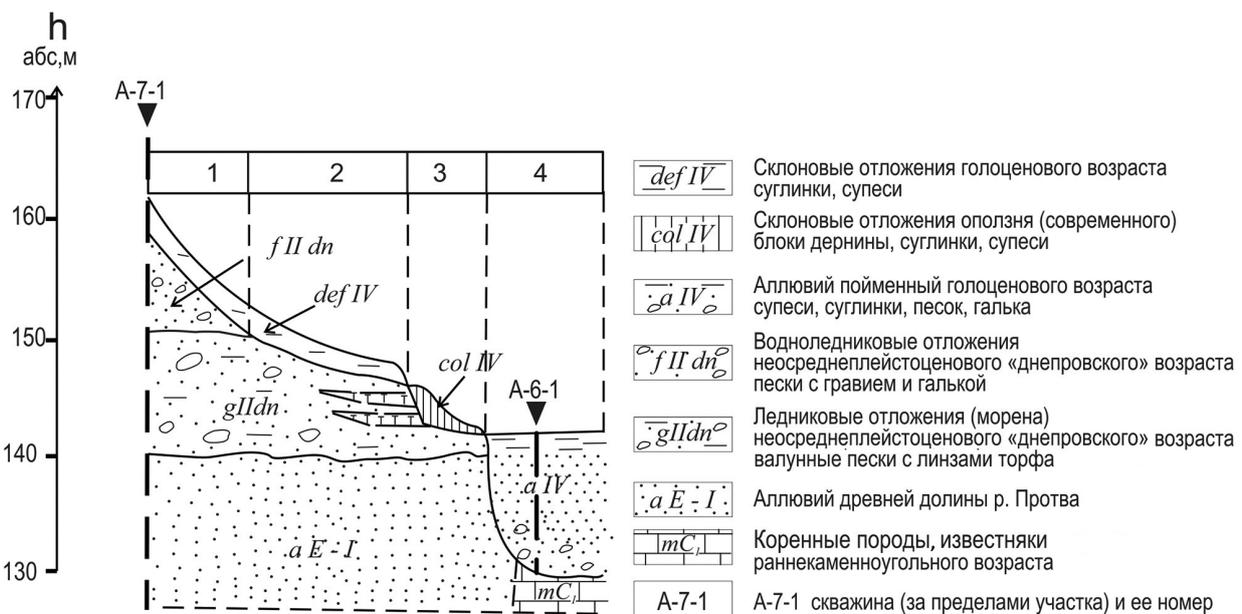


Рис. 8. Схема строения оползневой склона (составлена по [1] с дополнениями авторов). Цифрами в таблице над профилем обозначены проекции форм рельефа: 1 — склон «долинного заижда» поздне- неосреднеплейстоценового возраста; 2 — террасовидная поверхность, сложенная ледниковыми отложениями неосреднеплейстоценового возраста; 3 — поверхность оползня; 4 — пойма долины р. Протва

Fig. 8. Cross-section of the landslide slope (after [1]; with additions). Numbers in the table above the profile indicate the projections of the relief forms: 1 — middle Pleistocene outwash valley slope; 2 — terrace- surface, created out of middle Pleistocene glacial deposits; 3 — landslide surface; 4 — floodplain of the Protva River valley.

наземного обследования позволило в короткий срок (два рабочих дня) получить первичную морфометрическую и морфографическую характеристику вновь образованного оползневого тела и при-

легающих к нему участков склона долины.

3. На основании анализа данных дистанционного зондирования и наземного обследования в сопоставлении со сведениями о геологиче-

ском строении участка долины составлена «геоморфологическая схема фрагмента склона оползней-сплывов долины р. Протва». Определены морфометрические характеристики исследуемого оползня. 🌐

Авторы выражают благодарность настоятелю Храма в Честь Святых Бессребреников Космы и Дамиана в с. Беицы отцу Димитрию за содействие при исследовании опасного природного явления.

Список литературы

1. Алешинская З.В., Ананьева Э.Г., Антонов С.И., Большов С.И., Борсук О.А., Беркович К.М., Голосов В.Н., Рычагов Г.И., Судакова Н.Г., 1996. Строение и история развития долины р. Протвы, под ред. Г.И. Рычагова, С.И. Антонова. Издательство МГУ, Москва.
2. Воскресенский С.С., 1971. Динамическая геоморфология. Формирование склонов. Издательство МГУ, Москва.
3. Курков В.М., Бляхарский Д.П., Флоринский И.В., 2016. Применение беспилотной аэрофотосъемки для геоморфометрического моделирования. Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, Том 60, № 6, с. 69–77.
4. Фоменко И.К., Захаров В.С., Самаркин-Джарский К.Г., Сироткина О.Н., 2009. Учет сейсмического воздействия при расчете устойчивости склонов (на примере Краснополянского геодинамического полигона). Геориск, № 4, с. 50–55.
5. Carbonneau P.E., Dietrich J.T., 2017. Cost-effective non-metric photogrammetry from consumer-grade sUAS: implications for direct georeferencing of structure from motion photogrammetry. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 42, Issue 3, pp. 473–486.
6. Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M., 2012. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, Vol. 179, pp. 300–314.
7. Классификация оползней, 2017. URL: <http://opolzni.ru/классификация-оползней/> (дата обращения: 24.12.2017).

References

1. Aleshinskaya Z.V., Ananyeva E.G., Antonov S.I. (ed.), Bolysov S.I., Borsuk O.A., Berkovich K.M., Golosov V.N., Rychagov G.I. (ed.), Sudakova N.G., 1996. The structure and history of the development of the Protva River valley. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
2. Voskresensky S.S., 1971. Dynamic geomorphology: Formation of slopes. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. (in Russian)
3. Kurkov V.M., Blyakharskiy D.P., Florinsky I.V., 2016. Application of unmanned aerial surveying for geomorphometric modelling Proceedings of high schools.. Geodesy and Aerophotosurveying, Vol. 60, No. 6, pp. 69–77. (in Russian)
4. Fomenko I.K., Zaharov V.S., Samarkin-Dzharskiy K.G., Sirotkina O.N., 2009. The assessment of seismic impact for slope stability calculation (case study of Krasnaya Polyana geodynamic region). Georisk, No. 4, pp. 50–55.
5. Carbonneau P.E., Dietrich J.T., 2017. Cost-effective non-metric photogrammetry from consumer-grade sUAS: implications for direct georeferencing of structure from motion photogrammetry. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 42, Issue 3, pp. 473–486.
6. Westoby M.J., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds J.M., 2012. 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, Vol. 179, pp. 300–314.
7. Classification of landslides, 2017. URL: <http://opolzni.ru/классификация-оползней/> (accessed: 24 December 2017). (in Russian)

Информация об авторах

ВОСКРЕСЕНСКИЙ ИВАН СЕРГЕЕВИЧ

Доцент кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, к.г.н., г. Москва, Россия

СУЧИЛИН АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ

Старший научный сотрудник кафедры картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Information about the authors

IVAN S. VOSKRESENSKY

Associate professor of the Department of Geomorphology and Palaeogeography, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, PhD (Candidate of Science in Geography), Moscow, Russia

ALEKSANDR A. SUCHILIN

Senior research scientist of the Department of Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

УШАКОВА ЛЮДМИЛА АЛЕКСЕЕВНА

Доцент кафедры картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, к.г.н., г. Москва, Россия

ШАФОРОСТОВ ВИКТОР МИХАЙЛОВИЧ

Ведущий инженер кафедры картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ЭНТИН АНДРЕЙ ЛЬВОВИЧ

Аспирант кафедры картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

ИВАНОВ МАКСИМ МИХАЙЛОВИЧ

Аспирант научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

LYUDMILA A. USHAKOVA

Associate professor of the Department of Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, PhD (Candidate of Science in Geography), Moscow, Russia

VIKTOR M. SHAFOROSTOV

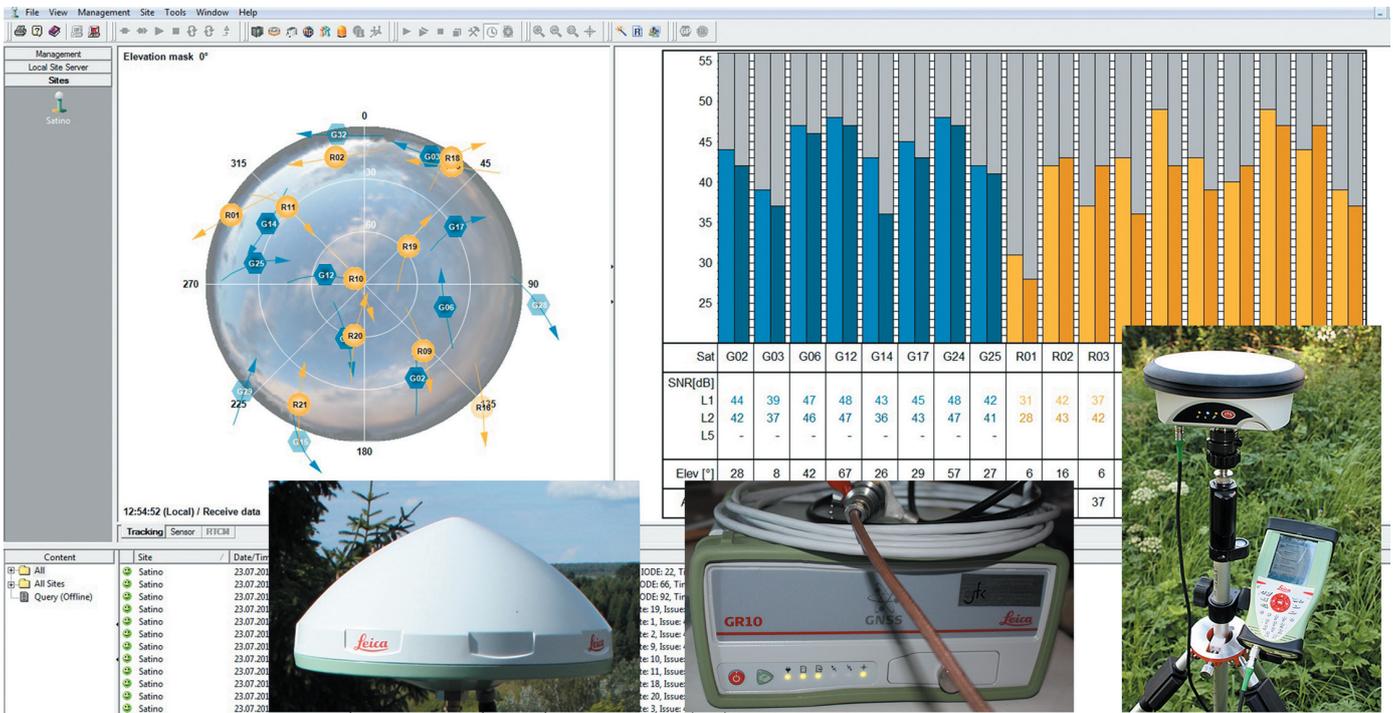
Leading engineer of the Department of Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ANDREI L. ENTIN

Postgraduate student of the Department of Cartography and Geoinformatics, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

MAKSIM M. IVANOV

Postgraduate student of the Makkaveev laboratory of Soil Erosion and Fluvial Processes, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia



Геомаркетинг

2018 ГОД

www.geomark.ru

ВСЕ ЖУРНАЛЫ ВКЛЮЧЕНЫ В ПЕРЧЕНЬ ВАК

ПУБЛИКУЕМ БОЛЕЕ 300 НАУЧНЫХ И ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ В ГОД

ПРОВОДИМ ОТРАСЛЕВЫЕ УЗКОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ