

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БЛА) И ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ (ГНСС) В ИССЛЕДОВАНИЯХ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

С. А. Сократов*, А. А. Сучилин*, Л. А. Ушакова*, И. С. Воскресенский*, Н. И. Белая, В. М. Шафоростов***

**МГУ им. М. В. Ломоносова Географический факультет*

***Москва Музей землеведения МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва*

sokratov@geogr.msu.ru, asuhov308@gmail.com, la.ushakova@mail.ru, isvoskresensky@rambler.ru, belaynadegda@mail.ru, gislabinfo@mail.ru

Введение. Исследования опасных природных процессов с применением БЛА и ГНСС проводятся авторами начиная с 2017 г. К настоящему времени они выполнены на участках с различными геоморфологическими условиями протекания опасных природных процессов в пределах Русской Равнины, побережья Крыма, горных районов Б. Кавказа. Изучается рельеф, который формируется под антропогенным воздействием, что является одной из причин активизации или возникновения опасных природных процессов [1].

В данном исследовании объектом изучения служит участок вторичной моренной равнины в долине р. Протва в районе г. Боровск (Калужская область, ЦФО РФ), который пересекается магистральным газовым трубопроводом. Протяженность участка исследований достигает в длину около 110 м при ширине до 50 м, что позволило проводить крупномасштабные детальные исследования.

Цель проводимых работ заключалась в оценке и прогнозе опасных природных процессов с применением современных дистанционных и наземных наблюдений.

Материалы и методика. Методика исследования опасных природных процессов основывается на исследовании морфологии элементарных форм рельефа вторичной ледниковой равнины, которые преобразуются опасными природными процессами, возникающими при строительстве и эксплуатации магистральных трубопроводов газа в центральной части Русской Равнины.

Методика исследования включает:

- Изучение архивных материалов дистанционного зондирования антропогенного склона участка магистрального трубопровода;
- Воздушное дистанционное зондирование участка исследования склона, подверженного эрозии и оползанию;
- Наземное детальное геоморфологическое обследование эрозионных и оползневых форм рельефа;

- Изучение изменений морфологии эрозионных и оползневых форм антропогенного склона;
- Прогноз развития опасных природных процессов эрозии и оползания.

Изучение архивных материалов дистанционного зондирования (сбор и дешифрирование аэрофотоснимков) позволили установить, что при строительстве были изменены естественные формы рельефа: а) «срезана» прибрежная часть «бечевника» до уреза р. Протва; 2) «подрезана» поверхность аллювиальной террасы и сформирован крутой склон; 3) «спланирован» при рекультивации пологий склон вдоль трассы газопровода. Воздушное дистанционное зондирование производилось с применением беспилотного летательного аппарата (БЛА), с последующей геопространственной привязкой материалов зондирования к знакам локальной опорной геодезической сети, измеренных с помощью высокоточного комплекса «Leica Viva» глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).

Опорные знаки располагались по периметру участка исследования борта долины, пересекаемого трубопроводом. Съёмка выполнена при помощи БЛА «DJI Phantom-2» с высоты 45–50 м стандартной камерой указанного аппарата. Фокусное расстояние камеры составляет 5 мм (29 мм в 35-мм эквиваленте), угол обзора — 110°. На участке исследования было зафиксировано 47 кадров с двух продольных маршрутов. Для последующей фотограмметрической обработки было отобрано 40 кадров с наименьшими искажениями, продольное перекрытие в пределах одного маршрута составляло порядка 80 %, а поперечное — около 60 %.

Наземное детальное геоморфологическое обследование форм рельефа заключалось в исследовании морфологии (ширины, глубины) эрозионных рытвин и оползневой «террасы». Оно сопровождалось изучением литологии рыхлых отложений, которые образуют геологический разрез аллювиальной террасы.

Составление базы данных (БД) и их обработка заключались в составлении блоков архивных сведений, данных дистанционного зондирования, морфологических характеристик естественных и антропогенных форм рельефа и современных проявлений эрозионных и склоновых рельефообразующих процессов. Естественные формы рельефа представлены фрагментами террасы, поймы и их склонами, которые были установленными ранее при геоморфологической съёмке в 1996–2005 гг.

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ строения естественных и антропогенных форм рельефа, а также прогноз опасных рельефообразующих процессов проводился с применением геоморфологического профилирования и картографирования. Они позволили выявить пространственное соотношение естественных

(поверхность террасы) и антропогенных (эрозионные рытвины, оползневая «терраса», техногенный склон и др.) форм рельефа, а также литологию, генезис и возраст отложений. Топографическая основа составлена в результате воздушного дистанционного зондирования. Пространственное распространение естественных и антропогенных форм формирования выявлено при составлении крупномасштабного плана (в 1 см 10 м, сечение горизонталей 0,5 м).

Наблюдения, проведенные в 2005–2016 гг. показали, что на крутом склоне аллювиальной террасы протекают процессы оползания. Оползание протекает в виде смещения на крутом склоне блоков покровных суглинков, скрепленных корневой системой деревьев и кустарников. В отдельные годы у подножья крутого склона скапливаются обломки стволов деревьев, кустарников и их корневых систем, которые в последствии размываются в весенние половодья и при прохождении волн летне-осенних паводков. Антропогенные формы рельефа формировались в период строительства и эксплуатации участка магистрального газопровода до 2011 г. в течение последних нескольких лет после строительства трубопровода. В этот отрезок времени на данном участке трассы газопровода был сформирован крутой техногенный склон. В его пределах образовался овраг, который достигал в средней части склона относительной глубины в 1,5–2,0 м при ширине до 2,0–2,5 м. В результате прокладки второй нитки газопровода в 2011 г. и рекультивации (планировки) поверхности на участке трассы был сформирован относительно пологий склон, чтобы предотвратить процесс овражной эрозии.

В результате исследований в 2017 г. были выявлены изменения в морфологии участков техногенного крутого («старого до 2011 г.») и пологого («нового» с 2011 г.) склонов. В пределах техногенных крутых склонов образовалась узкая террасовидная площадка шириной до 2–4 м с обратным уклоном в сторону вышерасположенного склона. Изменения в морфологии склона свидетельствуют о том, что крутой участок техногенного склона подвержен опасному природному процессу — оползанию. В тоже время, на пологом участке склона в пределах прилегающего к крутому участку, в 2017 г. образовалась сеть эрозионных рытвин. Сеть рытвин имеет в плане древовидную форму. Рытвины достигают максимальной глубины до 1,5 м и ширины до 1,0 м. Таким образом, в пределах техногенного склона трассы газопровода за период после строительства в 2011–2017 гг. сформировались оползневая «терраса» и сеть эрозионных рытвин. Активизация оползневых и эрозионных процессов в результате эксплуатации магистрального трубопровода обусловлено: 1) сочетанием фрагментов крутого и относительно пологого техногенных склонов; 2) искусственными самоуплотнившимися песчаными грунтами с низкой категорией

размываемости; 3) разреженным травянистым покровом; 4) небольшой (до первых сотен квадратных метров) площадью водосбора эрозионной рытвины. Эти условия позволяют отнести данный участок к территориям «с первичными признаками процесса оврагообразования» [2].

Выводы

1. Исследование рельефа участка трассы магистрального трубопровода в центре Русской Равнины с применением дистанционных геоинформационных методов состояло из анализа архивных материалов дистанционного зондирования, крупномасштабного воздушного зондирования, наземного детального геоморфологического обследования и составления базы данных (БД) с последующим ее анализом.
2. В результате исследования рельефа в 2017 г. были выявлены изменения в морфологии техногенного пологого склона, сформированного при рекультивации трассы газопровода: сеть эрозионных рытвин, заканчивающаяся веерообразным конусом выноса. В пределах крутого склона сформировалась террасовидная площадка — блока оползания.
3. Участок газопровода относится к территории «с первичными признаками процесса оврагообразования» [2], что требует оценки его условий и факторов, организации наблюдений за состоянием сети эрозионных рытвин в целях установления предкризисного состояния.

Работа выполнена по согласованию и поддержке территориальной производственной организации ОАО «Газпром».

Литература

1. Сучилин А. А., Белая Н. И., Воскресенский И. С., Михеева С. Н., Зорина В. В., Ушакова Л. А., Шафоростов В. М., Сократов С. А. Методика изучения морфологии абразионно-аккумулятивных берегов западного побережья Крыма с применением БЛА и ГНСС (на примере участка территории большого Севастополя). — М: ИнтерКарта.ИнтерГИС, Издательский дом МГУ, том 27, № 1, с. 351–363.
2. Зорина Е. Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. — М: ГЕОС, 2003. 170 с.