3. Maximovich N., Khayrulina E. Artificial geochemical barriers for environmental improvement in a coal basin region, Environmental Earth Sciences, 2014, Vol. 72, pp. 1915–1924.
4. Naydyonova V., Roumenina E. Monitoring the mining effect at drainage basin level using geoinformation technologies, Central European Journal of Geosciences, 2009, pp. 318–339.
5. Yu X.-X., Lü W.-C., Yang X., Zhu Y.-Z., Jiang F.-W., Huang H., Hang Y.-F. Research on the automatic monitoring system for coal mining subsidence, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol. 644–650, pp. 1355–1360.

УДК 551.4 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-167-178

И.С. Воскресенский[1], **А.А. Сучилин**[2]

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО УСЛОВИЯМ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается опыт применения геоинформационных систем (ГИС) для локального геоморфологического районирования. В пределах трасс магистральных трубопроводов (МТП) в ходе строительства изменяется морфология рельефа и поверхностный чехол рыхлых новейших отложений. В результате возникают или активизируются опасные рельефообразующие процессы. Региональные оценки геоморфологического фактора риска природопользования, могут быть оптимизированы на основании выделения индивидуальных особенностей рельефа территорий трасс в среде ГИС при геоморфологическом районировании. Рассматривается участок трассы МТП ВСТО в пределах Амурской области РФ. ГИС используются как основной методический приём для локального эколого-геоморфологического районирования по условиям развития опасных геоморфологических процессов. Необходимость локального эколого-геоморфологического районирования связана с установленными к настоящему времени фактами активизации действующих или вновь возникающих экзогенных рельефообразующих процессов. Они могут иметь последствия в виде возникновения аварийных ситуаций. Например, при пересечении трассой долин малых рек возникает парагенез экзогенных рельефообразующих процессов (ЭРП) в виде «оползания – оврагообразования и боковой эрозии» или активизации процесса «дефлюкции – массового смещения склоновых отложений» на пологих склонах на участках их перегибов. Таким образом, применение ГИС для выделения локальных эколого-геоморфологических участков трасс МТП с определяющими условиями развития опасных ЭРП позволит повысить эффективность прогноза изменения рельефа и ландшафтов в целом. Предлагаемая эмпирическая методика анализа «локального эколого-геоморфологического районирования» была разработана и применена для магистральных трубопроводов России. Приводятся примеры отдельных участков МТП ВСТО в пределах Амуро-Зейской равнины, которая занимает обширную часть бассейна р. Амур на юге Дальнего Востока России. Территория обладает «сложным», с точки зрения морфологии, равнинным, сопочным и низкогорным (в обрамлении) рельефом флювиально-денудационного (склонового) происхождения с фрагментами древних долин, с участками распространения карстовых и мерзлотных форм.

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* isvoskresensky@rambler.ru
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* asuhov308@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

геоинформационная система (ГИС), эколого-геоморфологическое районирование, опасные экзогенные рельефообразующие процессы, магистральный трубопровод нефти и газа

ВВЕДЕНИЕ

Российские магистральные трубопроводы (МТП) выполняют в Азиатско-Тихоокеанском регионе важную транспортно-экономическую задачу по переброске нефти и газа из сибирских районов добычи потребителям. На территории Дальнего Востока Российской Федерации они пересекают геоморфологические провинции, области и районы с различной эколого-геоморфологической обстановкой [Кружалин, 2001], определяемой различными геоморфологическими условиями протекания экзогенных рельефообразующих процессов [Геоморфологическое районирование, 1980]. Развитие опасных экзогенных геоморфологических процессов определяют риск природопользования трасс МТП [Кузьмин, 2009]. Сложные технические системы магистральных трубопроводов достигают длины более тысячи километров. Они включают линейные части и площадные объекты различного назначения. В пределах трасс МТП в ходе строительства изменяются геоморфологические условия протекания рельефообразующих процессов. К ним относятся, прежде всего, морфология рельефа и поверхностный чехол рыхлых новейших отложений. В результате возникают или активизируются опасные рельефообразующие процессы. Региональные оценки геоморфологического фактора риска природопользования может быть оптимизирована при геоморфологическом районировании. Эта операция производится на основании индивидуальных особенностей рельефа территорий трасс с применением геоинформационного анализа [Воскресенский, Сучилин, 2016]. В данной работе рассматривается опыт применения ГИС для уровня локального геоморфологического районирования. Рассматривается участок трассой МТП ВСТО в пределах Амурской области РФ.

Цель предпринятого исследования – разработать содержание ГИС для локального эколого-геоморфологического районирования трасс магистральных трубопроводов по геоморфологическим условиям протекания экзогенных рельефообразующих процессов разной категории опасности. Соответственно, задачи конкретизируются следующим образом: определить подходы, содержание методических приёмов ГИС-технологии для эколого-геоморфологического районирования линейных частей магистральных трубопроводов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы данного исследования определены сложным сочетанием и изменчивостью факторов эколого-геоморфологического районирования по протяжённой трассе трубопровода [Воскресенский, Сучилин, 2016].

ГИС используются как основной методический приём для локального эколого-геоморфологического районирования по условиям развития опасных геоморфологических процессов. При этом границы участков соответствуют современным морфологическим границам между формами рельефа Амуро-Зейской равнины: долиной реки, включая комплекс террас и террасоувалов, приводораздельными вершинными поверхностями междуречий и склонов их разделяющих. Такое подразделение позволяет учесть условия и пространственное распространение относительно форм рельефа отдельных рельефообразующих процессов разного класса опасности или их парагенезов.

Необходимость ГИС при эколого-геоморфологическом районировании по фактору «геоморфологические условия проявления экзогенных рельефообразующих процессов» связана с активизацией или возникновением вновь экзогенных рельефообразующих процессов, в том числе и опасных. Они могут иметь последствия в виде возникновения аварийных ситу-

аций. Например, при пересечении трассой долин малых рек возникает парагенез экзогенных рельефообразующих процессов (ЭРП) «оползание–оврагообразование-боковая эрозия» или «дефлюкции» (массовое смещение склоновых отложений) на склонах с углами наклона 3-25 град.

Таким образом, применение ГИС для районирования трасс магистральных трубопроводов с геоморфологическими условиями возникновения или активизации «опасных ЭРП» позволит повысить эффективность локального эколого-геоморфологического районирования на уровне «эколого-геоморфологический район – эколого-геоморфологический участок» и оптимизировать предложения по выбору мер инженерной защиты трасс магистральных трубопроводов. Геоморфологическая часть методики разрабатывалась при анализе рельефа регионов Европейской территории, Сибири и Дальнего Востока России.

Методика применения ГИС в целях локального эколого-геоморфологическое районирование для выделения «эколого-геоморфологических участков» (ЭГУ) в пределах эколого-геоморфологических районов основывается на принципе «скользящей шкалы» – «скользящего сочетания всей системы факторов рельефообразования» [Воскресенский, Сучилин, 2016]. Основными факторами для выделения «эколого-геоморфологических районов» согласно геоморфологическому районированию, являются свойства горных коренных и рыхлых пород, тип рельефообразующих процессов и их интенсивность. Дополнительным фактором, позволяющим разделить «район» на ЭГУ служит морфология форм рельефа, влияющая на динамику современных экзогенных рельефообразующих процессов, возникающих вновь или активизирующихся при создании инженерно-геоморфологической системы магистрального трубопровода.

Последовательность ГИС-операций при эколого-геоморфологическом районировании по условиям экзогенных рельефообразующих процессов.

Сбор информации – этап аккумуляции и хранения в базе данных (БД) ГИС сведений о геоморфологическом строении исследуемой территории, с последующим районированием и выделением «геоморфологической основы» эколого-геоморфологических районов.

Определение содержания информационной таблицы.

Таблица данных включает три группы геоморфологических сведений:

- первая группа включает данные для каждого геоморфологического района: морфология междуречий, склонов и долин, пересекаемых трассой трубопровода;
- вторая группа – тектонические, литологические свойства пород, участвующих в строении рельефа. Вторая группа сведений содержит характеристики о происхождении горных пород, о параметрах многолетнемёрзлых пород (распространение, мощности и температуры и т.п.) и сейсмогрунтовых условиях (состав грунтов, их обводнённость и т.п.), о распространении по трассе трубопровода геоморфологических условий для протекания современных экзогенных рельефообразующих процессов;
- третья группа – включает оценочная характеристика эколого-геоморфологических условий отрезка трассы трубопровода: виды (гравитационные, водные, карстовые и т.п.) экзогенных рельефообразующих процессов по четырём градациям их опасности: катастрофическая, весьма опасная, опасная и умеренно опасная [Кузьмин, 2009].

Обработка данных об эколого-геоморфологических условиях территории и экзогенных рельефообразующих процессах.

Разработка методики и её опробование проводились для участка магистрального трубопровода Восточная Сибирь – Тихий Океан, пересекающего южную часть Амуро-Зейской равнины в бассейне р. Амур на юге Дальнего Востока России. Геоморфологическое районирование рассматриваемой территории следующее: трубопровод проходит в пределах южной части Амуро-Зейской геоморфологической области, входящей в состав Приамурской геоморфологической провинции. Рельеф Амуро-Зейской (или Амуро-Буреинской) равнины ха-

рактеризуется чередованием с различной морфологией равнинных, сопочных и низкогорных участков, что во многом определяет изменчивость геоморфологических условий для протекания естественных рельефообразующих экзогенных процессов. Различия в морфологии подчёркиваются генезисом форм рельефа, которые в основном имеют флювиальное и денудационное (склоновое) происхождения. Геоморфологическая обстановка усложняется наличием многочисленных фрагментов древних долин позднекайнозойского возраста, сложенных рыхлыми горными породами. Своеобразие геоморфологическим условиям протекания современных рельефообразующих процессов различной категории опасности придают участки распространения карстующихся коренных пород многолетнемёрзлые породы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экзогенные рельефообразующие процессы и их приуроченность к формам рельефа по трассе трубопровода.

Трасса магистрального трубопровода пересекает Амуро-Зейской равнину, обладающую различными морфологическими условиями протекания экзогенных геоморфологических рельефообразующих процессов. По мнению ряда исследователей, их разнообразие и активность определяется параметрами «пласта эрозии», его мощностью (или относительными превышениями) и формой поперечного профиля долины от водораздела до водораздела.

В пределах трассы распространены проявления криогенных и некриогенных экзогенных рельефообразующих процессов (ЭРП). Криогенные ЭРП. Они представлены массовым смещением рыхлого склонового материала на наклонных поверхностях приводораздельных вершинных поверхностей междуречий и бортах долин с развитием процессов конжелифлюкции, термокарста, наледеобразования, сезонного пучения.

Термокарст проявляется в виде образования блюдцеобразных западин диаметром до 2 м и относительной глубиной 0,3-1,6 м. Как правило, термокарст протекает на фрагментах пойм, сложенных аллювиальными суглинистыми и оторфованными отложениями. Наледи распространены на западном участке трассы. Русловые и склоновые наледи приурочены к поймам долин и пологим склонам, сложенным торфянистыми и глинистыми аллювиально-склоновыми отложениями. Мощность наледей достигает 0,3-1,6 м. Сезонное и многолетнее пучение проявляется в виде образования «бугров пучения» диаметром ото 2,5 м и до 6,0 м и отн. выс. до 0,7 м до 1,5 м, соответственно. «Конжелифлюкция» – склоновый процесс протекает на наклонных поверхностях с углами наклона поверхности более 8° при наличии многолетнемёрзлых пород. Медленное смещение склоновых грунтов охватывает 0,5-2,0 м поверхностного чехла отложений. Скорость смещения достигает 0,02 мм/в год. Региональной разновидностью «конжелифлюкции» являются «грунтовые потоки» в пределах «ложбинообразных понижений» на склонах или в верховьях долин 1 порядка. Некриогенные экзогенные рельефообразующие процессы связаны с перемещением грунтовых масс под действием силы тяжести или водных потоков. Обвалы грунта происходят на крутых береговых уступах поймы или террас. По объёму перемещаемого материала они относятся к «мелким», а по частоте проявления – к «редким». Оползанию подвергаются «блоки» коренных скальных и рыхлых пород длиной (в естественных условиях) до первых сотен метров. Участки формирования «блоковых» оползней приурочены к крутым увлажняемым склонам долин. Активизация процессов возможна при землетрясениях даже незначительной магнитуды. Массовое смещение на склонах по типу дефлюкции. Процесс происходит на всех без исключения поверхностях с углами наклона более 3 град. Смещение со скоростью 0,01 см/год охватывает слой мощностью 0,5-2,0 м. Процесс донной и боковой эрозии (и аккумуляции) постоянных водотоков распространён повсеместно и протекает активно. Эрозия выражается в формировании участков углубления русел и размыва берегов длиной в десятки и сотни метров со скоростью в несколько метров за период прохождения руслоформирующих расходов в периоды половодья или паводка. Разрушению подвергаются современные русла больших и малых рек, склоны пойм, террас или коренных бортов долин. Оврагообразование и эрозия временных

водотоков интенсивно развивается на безлесных пространствах на юге Амурско-Зейской равнины. В естественных условиях оврагообразование развито, главным образом, на склонах долин и междуречий, сложенных песчано-алевритовыми отложениями. Современные овраги достигают длины 100-450 м при глубине 0,7-5,0 м.

Затоплению подвергаются поймы рек при прохождении половодных и паводковых расходов. Величина подъёма уровня рек (с площадью бассейна до 100 кв. км) составляет 3-4 м. Подтоплению подвергаются поймы рек притоков рр. Зея и Бурея, а также пролювиальные шлейфы у подножья склонов террас и междуречий.

Заболачиванию подвержены междуречья, склонов и днищ долин разного порядка и пролювиальные шлейфы. Суммарная длина болот и заболоченных участков на юге Амуро-Зейской равнины не превышает 3% длины трассы. Мощность торфа в болотах достигает 0,3–1,0 м. Обводнение распространено широко и появляется в виде повышенной увлажнённости грунтов и выходы на поверхность грунтовых вод. Участки обводнения достигают длины 30–200 м. Просадочные явления проявляются на участках длиной 30–500 м в виде блюдцеобразных понижений дневной поверхности. Оно приурочено к участкам распространения глинистых и супесчаных грунтов. Поражённость экзогенными рельефообразующими процессами различных категорий опасности достигает 10 % и на отдельных участках до 10–30 %. При этом наибольшее распространение имеет «категория опасности» «умеренно-опасная» и на отдельных отрезках трассы магистрального трубопровода – «весьма опасная».

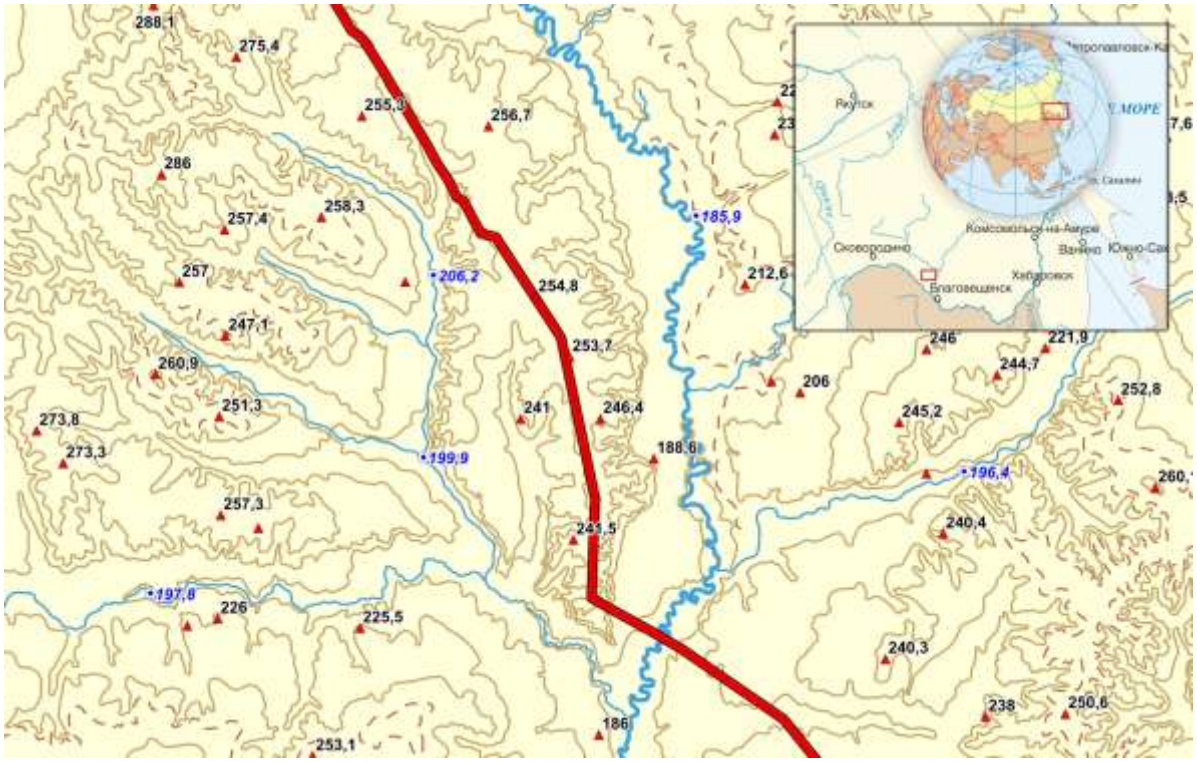

Рисунок 1. *Фрагмент карты рельефа, гидрографии и линии газопровода*
Figure 1. *Fragment of the map of relief, hydrography and gas pipeline*

Основные черты морфологии рельефа трассы как условия развития экзогенных рельефообразующих процессов

На всём протяжении на Амуро-Зейской равнине трасса магистрального трубопровода неоднократно пересекает формы рельефа с различной морфологией, и, соответственно, различными условиями протекания современных рельефообразующих процессов. Эти участки расположены в пределах гряд и холмов на приводораздельных вершинных поверхностях

междуречий. На склонах междуречий распространены «структурные» поверхности коренных пород различной денудационной устойчивостью.

В пределах западного эколого-геоморфологического района магистральный трубопровод занимает отрезок длиной 82 км. Это территория холмогорий с расчленённым (до 100–150 м) эрозионно-денудационным типом рельефа. Относительная глубина долин достигает 100–150 м, что способствует разнообразным и активным склоновым гравитационным процессам (осыпи, оползни, курумы) на слонах с углами наклона 5–25 град. При этом в долинах на выпукло-вогнутых склонах преобладает процесс массового медленного смещения рыхлого материала (дефлюкция и её разновидности).

Второй эколого-геоморфологический район включает отрезок трассы длиной около 300 км (усл. на схемах 2875-3167 км) в пределах центральной части пологоволнистой расчлененной Амуро-Зейской равнины. Относительные высоты не составляют 20–50 м. Густота расчленения не превышает 1 км^2. Междуречья имеют пологоволнистый облик. Трасса пересекает выпукло-вогнутые склоны междуречий и долин более крутые в верхней части и пологие, опирающиеся на пойму или террасы. Широкое распространение имеют на склонах междуречий ложбины 1–3 порядка временных водотоков.

Трасса трубопровода в пределах третьего эколого-геоморфологического района имеет протяжённость до 350 км (усл. на схемах 3167–3517 км). Она проходит в восточной части Амуро-Зейской равнины. Рельеф в пределах этой части трассы носит характерные черты холмисто-грядовой расчленённой равнины. Равнина холмисто-грядовая. Относительные высоты не превышают до 60. Густота расчленения около 1 км/ кв. км. Господство вогнутых пологих склонов междуречий и долин, выработанных в уплотнённых песчаных толщах, определяет господство медленных склоновых процессов, наряду с эрозией временных водотоков.

Так, например, участок газопровода «Сковородино – р. Зея» (3094–3114 км) расположен в Свободненском районе Амурской области в пределах Амуро-Зейской равнины и пересекает речку Большая Пера, приток р.Зеи (рисунок 1).

На исследуемую территорию в заданной системе координат сформирован базовый набор векторных слоёв ГИС (рельеф, гидрография, высотные отметки...), представляющий топографическую основу прохождения трассы ВСТО. Также, к дополнению к базовому набору, сформированы имеющиеся тематические слои (геолого-геоморфологический, тектонический, климатический…), необходимые для дальнейшего анализа территории.

Согласно тектоническому районированию, трасса газопровода находится в области мезо-кайнозойской Амуро-Зейской впадины, в которой отсутствуют крупные разломы в земной коре. Интенсивность землетрясений 5 и менее баллов (по 12-балльной шкале сейсмичности Медведева, MSK-64). С поверхности территория сложена плиоцен-нижнечетвертичными аллювиально-озёрными отложениями. Преобладающими типами рельефа, созданными в новейший этап глыбовых подвижек и общего поднятия, являются аллювиально-озёрные аккумулятивные равнины, а также морфоскульптуры долин с комплексом террас. Среднегодовая температура января -28С°, июля +20С°. Продолжительность залегания снежного покрова 160 дней. На участке отсутствуют многолетнемёрзлые горные породы. Почвенный покров представлен бурыми лесными почвами, растительность – сосново-дубово-берёзовыми лесами. Территориальный ландшафт участка – устойчивый.

Для получения дополнительных морфометрических характеристик территории прохождения магистрального трубопровода, по значениям горизонталей и отдельных отметок высот (включая отметки урезы воды), методом триангуляции, была рассчитана регулярная цифровая модель рельефа (ЦМР), шагом 50 метров по соответствующим осям, что составило 181560 узлов модели (340*534). На основании ЦМР была составлена карта аналитической отмывки рельефа, а также рассчитаны углы наклона на всей территории исследований, включая прилегающие участки к линии прохождения трассы газопровода (рисунки 2-3).

С использованием стандартных функций ГИС была рассчитана 2-х километровая буферная зона вдоль оси прохождения магистрального газопровода, по 1 км с обеих сторон

трассы. С помощью оверлейных операций ГИС в автоматическом режиме было проведено районирование буферной зоны и определение (формирование) границ участков по условиям опасных геоморфологических процессов (рисунок 4).

По результатам районирования в среде ГИС выделено 11 участков с разной степенью сложности: 3 умеренно опасных, 6 опасных и 2 весьма опасных:

Умеренно опасные

Участки I,V и X, представлены хорошо дренированными поверхностями аллювиальных и озёрно-аллювиальных террас и равнин. При прокладке газопровода опасных процессов не ожидается. При транспорте продукта по газопроводу в период отрицательной температуры окружающей среды, следует учитывать возможное пучение грунтов.

Опасные

Участки II и IV представлены хорошо дренированной поверхностью аллювиальных и озёрно-аллювиальных террас и равнин. В пределах этого ареала наблюдаются пологие склоны, на которых в естественных условиях склоновые процессы не развиты. При антропогенном воздействии возможно развитие эрозийных процессов вдоль траншеи, обводнение траншеи.

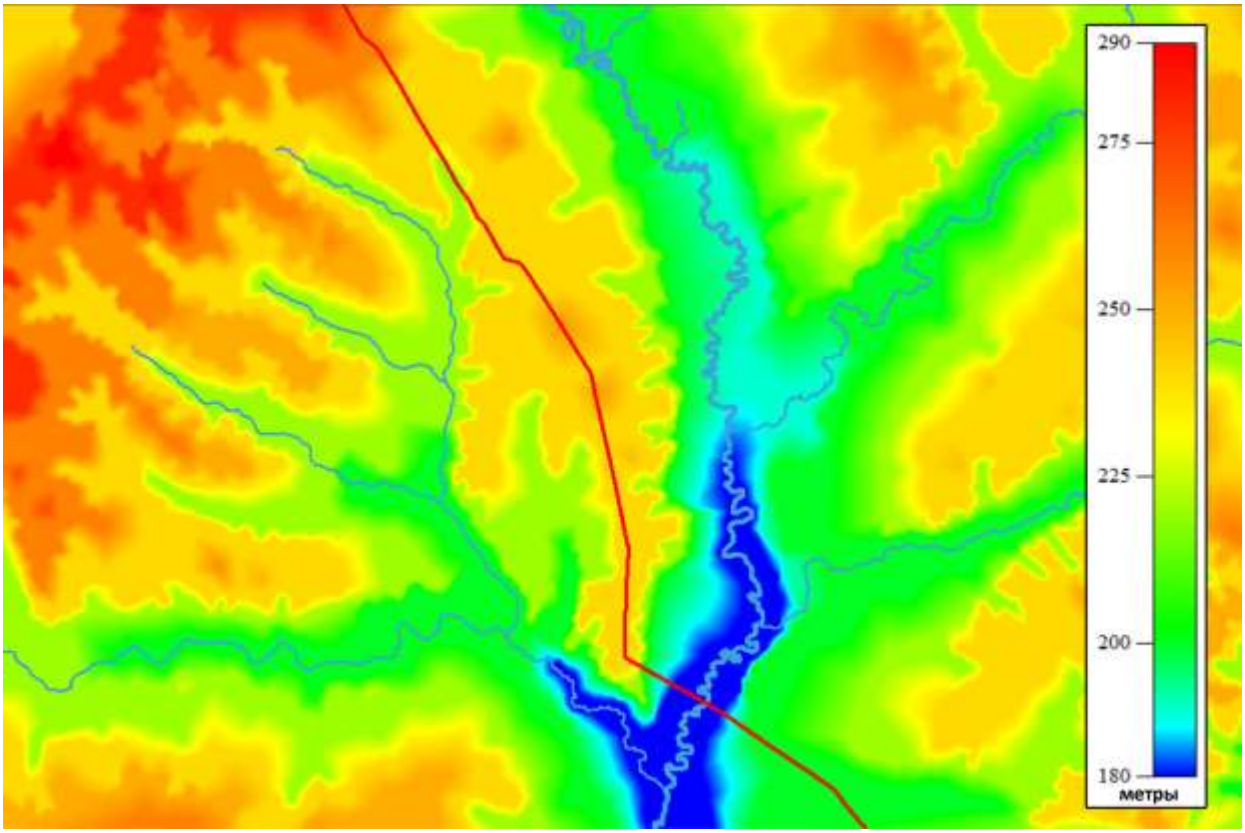

Рисунок 2. *Карта аналитической отмывки рельефа, составленная по ЦМР*
Figure 2. *The map of analytical relief washing composed by DEM*

В границах III участка расположена балка; территория представляет собой пологие склоны равнин. Склоновые процессы при нарушении естественных условий могут активизироваться, а площадь их развития расшириться. При определённых условиях возможно развитие овражной эрозии.

В IX участке преобладают преимущественно пологие склоны террас, однако имеются как участки склонов средней крутизны, так и плоские участки поверхностей.

В пределах VIII участка газопровод пересекает р. Большая Пера. Территория представляет собой пойму реки с прогнозируемым затоплением менее 2 м, также большое распространение получили старицы. При эксплуатации газопровода возможно образование техногенных наледей, обводнение траншей, всплытие трубы газопровода и нарушение поверхностного стока. Управление процессами возможно при применении стандартных инженерных мероприятий.

Весьма опасные

VII участок расположен на крутых и средней крутизны склонах. При нарушении естественных условий активизируются также склоновые процессов, как солифлюкция, овражная эрозия, плоскостной смыв, оползни.

В XI участке трасса проходит через падь Болотникова, где на склонах средней крутизны возможна активизация склоновых процессов.

Управление процессами возможно при принятии как стандартных защитных мероприятий, специфических для каждого процесса, так и сложных инженерных решений, учитывающих экологическую защиту территории от развития опасных процессов в местах прохождения трассы газопровода вблизи населённых пунктов, промышленных и сельскохозяйственных объектов.

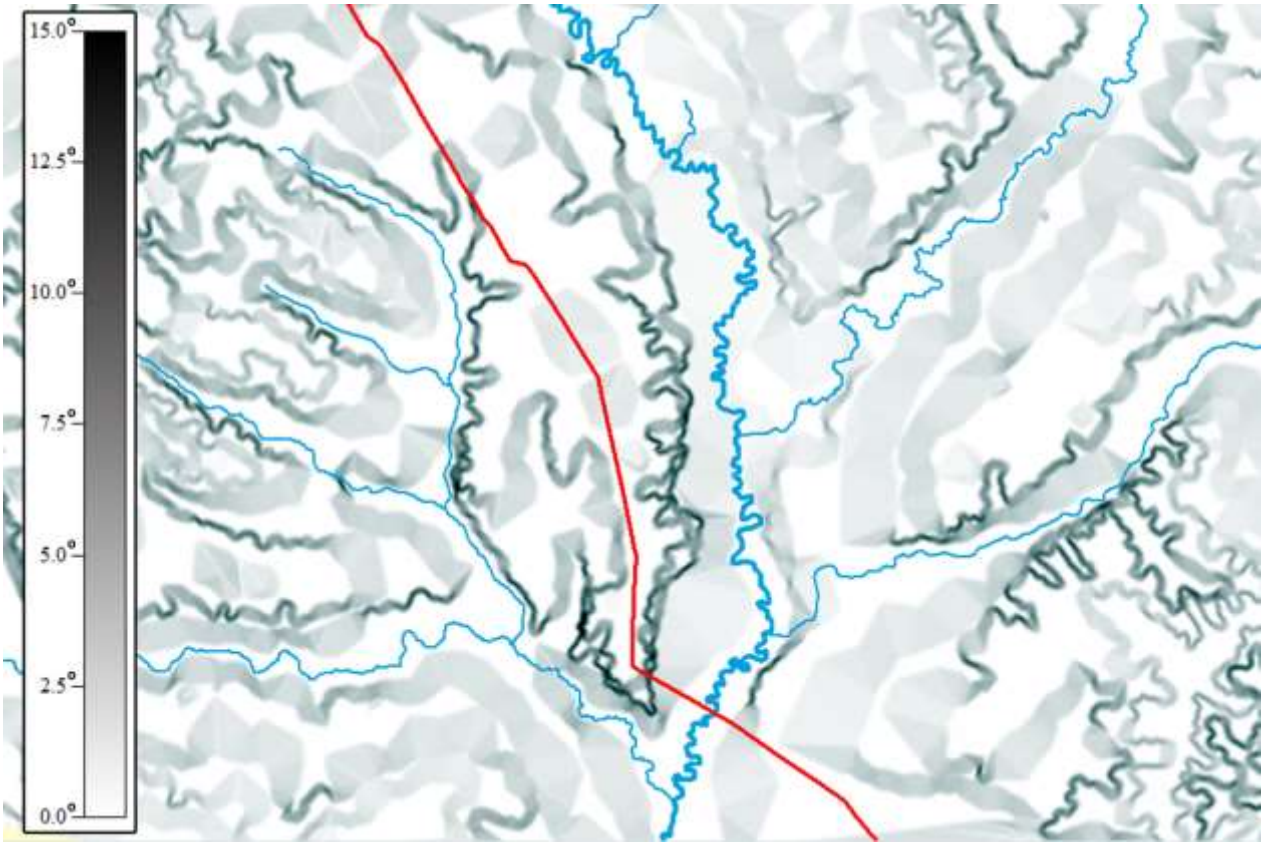

Рисунок 3. *Карта углов наклона, составленная по ЦМР*
Figure 3. *Map of slope angles composed by DEM*

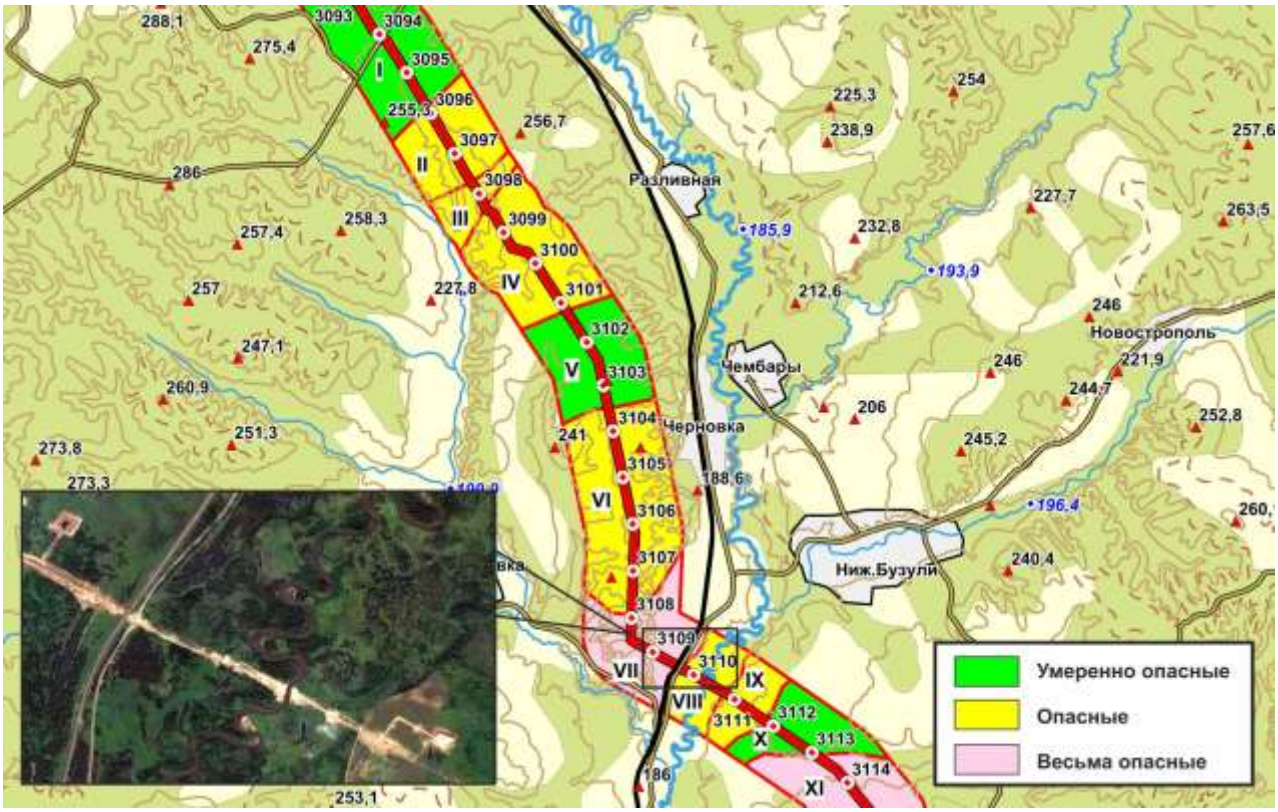

Рисунок 4. *Карта районирования буферной зоны прохождения газопровода*
Figure 4. *Map of the regionalization of the pipeline buffer zone*

ВЫВОДЫ

Обобщение с помощью ГИС эколого-геоморфологических условий трассы:

1. По морфологии среди междуречий господствуют пологоволнистые приводораздельные вершинные поверхности на рыхлых породах и холмисто-грядовые на коренных породах. Для склонов характерен выпукло-вогнутый поперечный профиль. Долины рек притоков р. Амур: Бурея, Томь, Завитая и др. обладают широкими уплощёнными днищами с широкой поймой и первой террасой. На бортах протягиваются фрагменты низких (до 20 м) и средних (до 50 м) террасоувалов. Долины 1–3 порядка имеют трапециевидный поперечный профиль. На бортах долин и склонах междуречий присутствуют эрозионные ложбины. К долинам и междуречьям приурочены фрагменты древних долин, сложенные рыхлыми отложениями с низкой противоэрозионной устойчивостью.

2. Эколого-геоморфологические участки с различной степенью опасности геоморфологических процессов:

- «катастрофическая степень опасности» для отрезков трассы с высокими и изменчивыми уклонами благоприятными для активного проявления и широкого распространения водной эрозии, оврагообразования, оползания и др. процессов;
- эколого-геоморфологические участки с категорией «весьма опасные» с геоморфологическими условиями для локального (ограниченного по площади) распространения экзогенного рельефообразующих процессов приуроченных к определённой форме рельефа: террасе, пойме, склону с характерными морфологическими показателями. Это обеспечивает активные проявления водной эрозии, склонового процесса, термоэрозии и термокарста и др., которые могут

активизироваться в результате сооружения трубопровода или объектов, входящих в его состав;

- эколого-геоморфологические участки категории «опасные» имеют морфологические характеристики (относительная высота, уклон поверхности, наличие перегибов склонов и т.п.) в естественных геоморфологических условиях не способствуют активизации рельефообразующих процессов. Однако в результате изменения морфологии форм рельефа при строительстве, формируются парагенезы экзогенных рельефообразующих процессов. На склонах «малых долин» возникает пространственное сочетание различных по генезису экзогенных геоморфологических процессов: боковой эрозии, мелкоблоковое оползание на склоне в результате боковой эрозии и оврагообразования. Возникновение вновь подобных «парагенезов рельефообразующих процессов» – достаточно широко распространённое явление на трассах магистральных трубопроводов в Азиатско-Тихоокеанском Регионе России; - эколого-геоморфологические участки с «умеренно опасной» категорией опасности пространственно совпадают с формами рельефа, которые характеризуются незначительными уклонами поверхности, малой относительной глубиной, невысокими плотностью и густотой расчленения постоянными и временными водотоками.

3. По эколого-геоморфологическим условиям протекания экзогенных рельефообразующих процессов и устойчивости рельефа к техногенным нагрузкам трасса разделяется на три отрезка:

- первый отрезок трассы (усл. км 2693-2875) находится в западной части Амуро-Зейской равнины. По протяжённости господствуют участки «весьма опасные и «опасные» в междуречьях и долинах рек. Для них характерно развитие склоновых и эрозионных процессов, возникновение техногенных наледей и термокарста;
- на втором отрезке (усл. км 2875-3167) в пределах центральной части Амуро-Зейской равнины господствуют участки категории «опасные», соответствующие многочисленным пересечениям долин крупных, средних и малых рек. К ним относятся склоны междуречий, террас и поймы склоны. Для них характерно развитие склоновых, овражных и эрозионных процессов;
- третий отрезок включает отрезок трассы (усл. км 3167-3517) в пределах холмисто-грядовой расчленённой равнины восточной части Амуро-Зейской равнины. По протяжённости господствуют участки «опасные» и «умеренно опасные», к которым относятся фрагменты склонов долин и междуречий.
- к особым отрезкам трассы с категориями «катастрофическая» и «весьма опасная» относятся участки перехода долин крупных рек Зея и Бурея, которые совпадают с зонами крупных разломов с сейсмичностью магнитудой 7-7,5, характеризуются заболоченными поверхностями террас, затапливаемыми поймами и овражной сетью на склонах междуречий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Автономной некоммерческой организации Межрегиональная Топливно-Энергетическая Ассоциация «Экоцентр» (г. Москва) и лично Л.В. Бычковской за предоставленные материалы и возможность проведения данного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскресенский И.С., Сучилин А.А.* Опыт применения ГИС для регионального геоморфологического районирования при оценке воздействия на окружающую среду трасс магистральных трубопроводов // Материалы международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС 22». – Протвино: «Научная Библиотека», 2016. – Т 1. – С.173–183. DOI: http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-173-183.

2. Геоморфологическое районирование СССР. – М.: Высшая школа, 1980. – 343 с.
3. *Кружалин В.И.* Экологическая геоморфология суши. – М.: Научный мир, 2001. – 176 с.
4. *Кузьмин С.Б.* Опасные геоморфологические процессы и управление естественными рисками / Отв. ред. В.М. Плюснин. – Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т географии им. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 195 с.

Ivan S. Voskresensky[1], **Alexander A. Suchilin**[2]

GEOINFORMATION ECOLOGY-GEOMORPHOLOGIC ZONING OF MAIN PIPELINE ROUTES ACCORDING TO THE CONDITIONS OF RELIEF-FORMING PROCESSES IN THE ASIAN-PACIFIC REGION

ABSTRACT

The paper considers the experience of using geoinformation systems (GIS) for local geomorphologic zoning. Within the main pipeline routes (MPR) during the construction, the morphology of the relief and the surface cover of loose new deposits changes. As a result, dangerous relief-forming processes arise or are activated. Regional assessments of the geomorphological risk factor of nature management can be optimized on the basis of highlighting the individual features of the terrain of the routes in the GIS environment for geomorphologic zoning. The section of the route of the MPR ESPO within the Amur Region of the Russian Federation has been considered. GIS are used as the main methodical technique for local ecology-geomorphologic zoning under conditions of development of dangerous geomorphological processes. The necessity of local ecology-geomorphologic zoning is connected with the facts of activation of existing or newly emerging exogenous relief-forming processes established by now. They can have consequences in the form of emergencies. For example, when a route crosses the valleys of small rivers, a paragenesis of exogenous relief-forming processes (ERP) occurs in the form of "landslide-gully formation and lateral erosion" or activation of the process of "deflation – mass displacement of slope deposits" on gentle slopes in areas of their inflections. Thus, the application of GIS for the allocation of local ecologo-geomorphological sections of the ICP routes with the determining conditions for the development of dangerous ERP will make it possible to increase the efficiency of forecasting the change in terrain and landscapes in general. The proposed empirical methodology for the analysis of "local ecologo-geomorphologic zoning" was developed and applied to the trunk pipelines of Russia. Examples are given of individual sections of the MPR ESPO within the Amur-Zeya Plain, which occupies the vast part of the Amur River basin in the south of the Russian Far East. The territory has a complex, in terms of morphology, flat, sugarloaf and low-mountainous (in the frame) relief of fluvial-denudation (slope) origin with fragments of ancient valleys, with areas of karst and permafrost forms.

KEYWORDS:

GIS, ecology-geomorphologic zoning, dangerous exogenous relief-forming processes, oil and gas main pipeline routes

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1;
e-mail: isvoskresensky@rambler.ru
[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1;
e-mail: asuhov308@gmail.com

REFERENCES

1. Voskresensky I.S., Suchilin A.A. Opyt primenenija GIS dlja regional'nogo geomorfologicheskogo rajonirovanija pri ocenke vozdejstvija na okruzhajushchuju sredu trass magistral'nyh truboprovodov [GIS-based regional geomorphological zoning for assessment of environmental impact of major pipelines]. Materialy mezhdunarodnoj konferencii "InterKarto/InterGIS 22", Protvino: Izdat. dom "Nauchnaja Biblioteka", 2016, T. 1, pp. 173–183. DOI: http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-173-183.
2. Geomorfologicheskoe rajonirovanie USSR [Geomorphological regionalization of the USSR]. Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 343 p.
3. Kruzhalin V.I. Ekologicheskaja geomorfologija sushi [Ecological geomorphology of land]. Moscow: Nauchnyj mir, 2001, 176 p.
4. Kuzmin S.B. Opasnye geomorfologicheskie processy i upravlenie estestvennymi riskami [Hazardous geomorphological processes and natural risk management]. Ros. Akad. Nauk, Sib. Otd-nie, In-t geografii im. V.B. Sochavy, Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo "Geo", 2009, 195 p.

УДК 528.88: 528.856: 502.065: 004.9 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-178-194

В.А. Мелкий[1], **А.А. Верхотуров**[2]

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Нарастающее антропогенное воздействие часто приводит к возникновению и развитию негативных процессов на землях, снижая тем самым их хозяйственную ценность. Территория Сахалинской области расположена на границе Евразийского континента и Тихого океана, где интенсивно проявляется взаимодействие геосферных оболочек, следовательно, подвергается воздействию различных активных природных процессов, характерных для таких зон. Среди многочисленных процессов, которые протекают здесь весьма активно, можно назвать сейсмические, вулканические, абразионные, морфолитодинамические, муссонной атмосферной циркуляции и ряд других. Активные геотермальные процессы в совокупности с избыточным увлажнением приводят к изменениям в биосфере (гигантизм растений). Поэтому важно проводить периодический мониторинг для оценки состояния окружающей среды, темпов развития и определения скорости процессов.

Проведение оперативного регионального мониторинга земель возможно только на основании данных дистанционного зондирования Земли с регулярным обновлением тематических карт при помощи геоинформационных технологий.

В Сахалинском государственном университете выполнен анализ особенностей природно-климатических условий региона, влияющих на методику ведения мониторинга земель, а также на интерпретацию его результатов. При проведении научных исследований были использованы методы геоинформационного картографирования, пространственного анализа, тематического дешифрирования и др.

В результате разработана и внедрена на станции приёма спутниковой информации Сахалинского государственного университета технология комплексного регионального мо-

---

[1] Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета; Россия, 693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* vamelkiy@mail.ru

[2] Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета; Россия, 693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* ussr-91@mail.ru