

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Резюме. Комплекс форм рельефа и система рельефообразующих процессов вдоль трасс основных трубопроводов выступают как один из ведущих компонентов природных ландшафтов (морфолитогенной основы ландшафта) и неотъемлемой частью инженерно-геологической среды (геологической среды и инженерно-геологических процессов). Последовательное применение ГИС в геоморфологическом районировании позволяет заложить основы для разработки практических рекомендаций для безопасного строительства и эксплуатации трубопроводов, рационального использования земель, мероприятий по инженерной безопасности объектов и прогнозирования динамики рельефа и окружающей среды.

Ключевые слова. ГИС, картография, геоморфология, геопространственная информация.

Введение. Для оценки воздействия строительства магистральных трубопроводов на окружающую среду, необходим комплексный анализ территории трассы трубопровода, что подразумевает организацию геоинформационной системы (ГИС).

ГИС – совокупность аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода и хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации [1].

В работе рассматривается западная часть трубопровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО).

Постановка проблемы. Организация в среде ГИС геопространственной информации, ее фиксации и паспортизации объектов трубопровода. Анализ и оценка территории в части возможных неблагоприятных природных процессов по материалам исследований прилегающих окрестностей к трассе трубопровода. Аккумуляция и группировка характеристик объектов в реляционной базе данных (БД), связанных друг с другом топологией и атрибутивной информацией, что позволяет проводить географический анализ и геоморфологическое районирование на современной картографической подложке, включая данные дистанционного зондирования (ДДЗ).

Материалы и методы исследований. Прежде всего – это топографическое обеспечение трассы картографическими материалами различного масштаба для проектируемых трубопроводов, включая различные формализованные геоморфологические характеристики и их производные в виде отдельных тематических слоев ГИС.

В рамках рассматриваемого проекта, базовую картографическую основу составляют листы карт (проекция Гаусса-Крюгера, Пулково-42) масштаба 1:100000 по линии прохождения трассы, а на отдельные участки листы карт ГосГисЦентра (ГГЦ) более крупного масштаба, которые находятся в свободном доступе сети Internet [<http://loadmap.net/>].

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии; e-mail: isvoskresensky@rambler.ru.

² МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; e-mail: asuhov308@gmail.com.

Все растровые картографические источники были трансформированы в единую СК проекта в формате GeoTiff (включая метаданные изображения), согласно выбранным характерным контрольным точкам, в зависимости от состояния изображения источника, путем регистрации координат в углах рамки листа текущей карты, используя математический аппарат аффинных, проективных или полиномиальных преобразований. В случае отсутствия координат в углах рамок крупномасштабных карт, они определялись аналитически, опираясь на принятую разграфку и номенклатуру карт или используя другие методы восстановления координат.

После чего, растровые картографические материалы подложки были формализованы в векторный формат в виде отдельных базовых слоев топографической карты, согласно принятой классификации, а именно:

- Рельеф – основные и дополнительные горизонталы, отметки высот, курган, обрыв и т.п.;
- Гидрография – реки, каналы, озера и водохранилища, отметки уреза воды и т.п.;
- Транспортная сеть – автострады, шоссе, железные дороги, грунтовые дороги и т.п.;
- Растительность;
- Населенные пункты – точечные и площадные объекты и т.п.;
- Коммуникации – линии ЛЭП, связи и т.п.;
- Границы – областей, района и т.п.;
- Топонимы объектов.

Аналогичную процедуру претерпели доступные геоморфологические картографические источники на изучаемую территорию, они были формализованы в векторный формат, а их характеристики, согласно легенде, записаны в БД, как правило, это карты 1:500000 – 1:200000 масштаба. Назначение их – показать закономерность распространения форм рельефа различного генезиса и возраста, их зависимость от особенностей геологического строения и тектоники, восстановление истории развития рельефа.

В целом необходимо отметить, что геоинформационное обеспечение включает пять основных «шагов», соответствующих последовательности операций по геоморфологическому районированию:

- сбор и систематизация информации по географическому положению, орогидрографии, экзогенных, эндогенных и антропогенных условий рельефообразования;
- систематизация и обработка данных о морфологии и генезисе рельефа, морфометрические и картометрические измерения и расчеты, о скорости рельефообразующих процессов, древнем рельефе, истории формирования рельефа, физико-механических свойствах коренных пород, результатах комплексного литологического анализа рыхлых отложений и т.п.;
- определение границ геоморфологических районов по типизации рельефа, по морфологии и генезису;
- определение границ геоморфологических подрайонов по интенсивности денудации и аккумуляции, типу денудации и аккумуляции, типу субстрата;
- определение границ геоморфологических участков по соотношению процессов денудации и аккумуляции (динамическая фаза).

Первоначально необходимо было дать оценку современному состоянию исследуемой территории прохождения трассы трубопровода. Используя аккумулярованные в БД характеристики, а также производные карты сформированные в среде ГИС (например, карта углов наклона, построенная на основе значений горизонталей и формирования цифровой модели рельефа-ЦМР), была составлена сводная геолого-геоморфологическая таблица современного состояния форм рельефа, разбитая на отдельные фрагменты, шагом составляющим около 70 км. по длине прохождения исследуемого участка трассы (табл.1).

Характеристики современного геоморфологического состояния территории исследований дополнили атрибутивную часть БД в виде паспорта объекта, согласно километровой градации прохождения участков трассы, что послужило базовой информацией при составлении прогнозной карты неблагоприятных явлений.

Сводная геолого-геоморфологическая таблица современного состояния форм рельефа

№ п/п	КМ трассы	Трасса рельеф междуречья долины склоны	НП Геология	Опасные процессы склоновые эрозия карст заболачивание	Прогноз строительство эксплуатация
1	2	3	4	5	6
1	0–70 км р. М. Тира (исток) – р. Кута (междуречье л.пр. Еловая и Сухая)	Возвышенное сопочно-останцовое расчлененное плато [550-750] – [300-500] $h_{отн}=100-180$ м $h_{отн}$ межд. = 40-100 м Междуречья (ПВ ПМ) волнистые с пологовыпуклыми вершинами и пологовогнутыми седловинами с отдельными останцовыми сопками; склоны пологие, редко средние; Склоны пологие и средние выпукловогнутые (в ниж. и средней части); долины асимметричные, с нешироким днищем и низким (до 40 м) террасоувалом; Реки Ленского бассейна транзитные, активно врезающиеся в нижних течениях, аккумуляция в верхнем и среднем течении долин на склонах и днищах; аккумулярующий бассейн Н. Тунгуски	Ордовикская система средний отдел чертовская, криволицкая свиты $O_2\delta r$ O_2k_2 Ордовикская система нижний отдел устькутская свита O_1uk терригенно-карбонатные породы. Кембрийская система средний отдел-верхний отдел верхоленская свита нерасчлененная ϵ_{2-3VI} терригенно-карбонатные породыв днищах долин	Склоновые массивно смещенные по типу солифлюкционно-конжелифлюкционные, обвальнo-осыпные задернованные (в нижних течениях притоков р. Кута (0-5 км) верховья рр. Дулисьма и Усьма (40-45) сезонное пучение, термокарст, термоэрозия на выположенных поверхностях междуречий и пологих склонах долин	Активизация процессов умеренная, проявления карста ограничены
2	70–165 км р. Б. Тира – р. М. Тира (исток)	Возвышенная пологоволнистая пологая расчлененная равнина [500-700] – [400-500] $h_{отн} = [100-200]$ $h_{отн}$ межд = [40-60] Междуречья пологоволнистые с отдельными вершинами и неглубокими седловинами с четкими бровками ПВПМ. Склоны средние и пологие, редко крутые (р. В. Бочакта и притоки – 95-110 км; р. Мал. Тира – 145 км). Густота менее 1 км/1 км ² . Долины асимметричные с пологовогнутыми днищами и низкими террасоувалами, ущельеобразные, каньонообразные (р. В. Бочакта и притоки – 95-110 км; р. Мал. Тира – 145 км). Реки, поймы и склоны транзитные	Ордовикская система средний отдел чертовская, криволицкая, макаровская O_{2-3mk} свиты $O_2\delta r$ O_2kr Ордовикская система нижний отдел устькутская свита O_1uk терригенно-карбонатные породы	Солифлюкционно-конжелифлюкционные редко обвальнo-осыпные задернованные термокарст и термоэрозия ограничено, оврагообразование редко на бровках террас. Заболачивание на низких террасоувалах. Карст ограничен	Активизация умеренная, мелкоблоковое оползание. Термокарсти термоэрозия на пологих и средних склонах в нижней части, донная и боковая эрозия

1	2	3	4	5	6
3	165–240 км р. Телячиха – р. Б. Тира	Возвышенная расчлененная останцово-сопочная равнина [500-700] – [220-560] хотн = 100-400 хотн межд = [40-200] Пологоволнистые с сопками и седловинами; Склоны крутые и средние на бортах долин; Пологие и средние внутри междуречий; Асимметричные долины; Низкие и средние террасовалы; Редко каньонообразные (р. Тира и притоки Лены в низовьях)	Ордовикская система средний отдел чертовская, криволуцкая, макаровская свиты O ₂₋₃ mk O ₂ ġr O ₂ kr терригенно-карбонатные породы. Ордовикская система нижний отдел усть-кутская свита O ₁ uk терригенно-карбонатные породы. Кембрийская система средний отдел-верхний отдел верхоленская свита нерасчлененная C ₂₋₃ vl терригенно-карбонатные породы	Солифлюкционно-конжелифлюкционные; обвальнo-осыпные, в т.ч. задернованные; боковая и донная эрозия; оврагообразование; термокарст и термоэрозия ограничено; заболачивание днищ долин в верхних течениях – редко (180-190 и 210-215 км); карст ограничен	Активизация обвальнo-осыпных процессов и солифлюкционно-конжелифлюкционных процессов; термоэрозия; мелкоблоковые оползни.
4	240–325 км р. Рассоха – р. Телячиха	Холмисто-увалистая слаборасчлененная равнина [450-500] – [250-350] хотн = 80-120 хотн межд = [40-80] пологоволнисто-седловинные междуречья; широкие вогнутые котловинные днища с низкими террасовалами – асимметричные профили Долины рек (до 200 км) Густота расчленения 1,1-1,3 км/км ² Склоны пологовогнутые в нижней части Р. Рассоха (325), р. Захаровка (315), р. Чембаловка (305), р. Емельяновка (295), р. Бабошкина (285), р. Сухая (275), р. Салтыковка (255) В средних частях бассейнов на удалении от р. Лель 5-10 км – котловинные расширения, как участки локального накопления	Ордовикская система средний отдел макаровская свита O ₂₋₃ mk терригенно-карбонатные породы. Ордовикская система верхний отдел подвошинская свита O ₃ pd терригенные породы – в виде «нашлепок» между рр. Сухая и Рассоха (275-325)	Дефлюкционно-конжелифлюкционные процессы; оврагообразование; эрозия боковая пойм и низких террасовалов; пучение сезонное; карст на склонах и днищах долин; редко заболачивание днищ долин и низких частей склонов (р. Захаровка 315 км)	Активизация термоэрозии, термокарста, заболачивание, солифлюкция Карст ограниченный, опасен ???

<p>5</p>	<p>325–430 км р. Б. Степаниха – р. Рассоха</p>	<p>Холмисто-грядово-увалистая расчлененная равнина Грядово-холмистая густо расчлененная (1,1-1,3 км/км²) [400-560] – [200-400] (max = 600) хотн = 100-200 хотн межд = [40-120] Холмисто-седловинные широкие днища и террасоувлы выпукло-вогнутые Б. Степаниха Долины рек Ичера (390 км), пр. Рассоха (385 км), Глубокая (365 км), Пилюда (350 км) Долины рек вскрывают породы илгинской свиты верхнего кембрия (Є₃il)</p>	<p>Ордовикская система верхний отдел подвошинская свита O₃pd – терригенные породы Ордовикская система средний отдел криволуцкая, макаровская свиты O₂₋₃mk O₂kr терригенно-карбонатные породы Ордовикская система нижний отдел усть-кутская свита O₁uk терригенно-карбонатные породы Кембрийская система верхний отдел илгинская свита Є₃il терригенно-карбонатные породы (в долинах крупных рек)</p>	<p>Дефлюкционно-конжелифлюкционные процессы; оврагообразование редко на террасоувалах; эрозия боковая пойм и низких террас</p>	<p>Активизация термоэрозии и термокарста, заболачивание в днищах долин, пучение, солифлюкция Карст в днищах долин крупных рек, карст на склонах и редко на междуречьях Карст ограниченный, опасен ???</p>
<p>6</p>	<p>430–545 км р. Б. Степаниха – р. Пеледуй – «Талакан»</p>	<p>Равнина расчлененная; г. Тай-Юрях 492 м [430-470] – [250-300] до 130-180 в междуречьях хотн = 20-100 м Грядово-холмисто-западинные с ложбинами Крупные ущелья – 40-100 м Пологие – по междуречьям преобладают; крутые – долины рек (Пеледуй – 500 км; ??? – 530 км; Мулисьма – 465 км) Междуречье р. Мулисьма – у р. Степаниха абс. выс. возрастают до 550-600 м а отн. до 150-200 м. Кольцевая структура примерно 540-550 км трассы, диаметр 10-11 км; вал – 437 м, днище 385 м. Точка на р. Куртах – 560 км, диаметр 7–9 км, вал – 500 м, днище – 400 м, высота 100 м, хотн = 55 м, диаметр 5–6 км, заболочена.</p>	<p>Кембрийская система верхний-средний отделы, нижний отдел (Є₁ и Є₂₋₃) карбонатные и терригенно-карбонатные породы до 500 км и терригенно-карбонатные породы 440-500 км.</p>	<p>Дефлюкционно-конжелифлюкционные процессы, обвальнo-осыпные, оврагообразование в бортах долин,</p>	<p>Активизация карстовых процессов про-садки повсеместно в днищах малых долин и на седловинах</p>

Для решения задач пространственного анализа в ГИС имеется набор специальных оверлейных функций, позволяющих:

- проводить различные пространственные и атрибутивные выборки, на основе SQL-запросов делать операции оверлея, т.е. наложением двух и более слоев с созданием производных объектов;
- обобщение данных – процедура создания атрибутов новых объектов на основе отношений атрибутов исходных объектов;
- строить буферные зоны и зоны охвата;
- определить перекрытие областей;
- определить внутренние области;
- объединить области;
- определить линию пересечения областей и т.п.

Основное назначение функций состоит в построении новых объектов, т.е. участков территорий (полигонов), однородных согласно выбранному критерию или группы критериев. Функции ГИС позволяют дать комплексную оценку территории под определенные задачи, проводить районирование, ранжирование и кластеризацию, а при анализе разновременных данных оценить динамику развития явления и дать качественный прогноз.

Анализируя пространственную информацию функциями оверлея, было проведено районирование территории с выявлением возможных опасных природных процессов на прилегающих территориях, как следствие прокладки нитки трассы на этапах строительства и эксплуатации.

Геоморфологическое районирование рельефа трасс магистральных трубопроводов выполняется на первом этапе оценки воздействия магистрального трубопровода на природную среду. Цель районирования заключается в показе неповторимости и индивидуальности рельефа в пределах геоморфологического района или единиц более низкого (подрайона, участка) или более высокого (областей и провинций) таксономических рангов. Оно создает научную основу для выработки конкретных практических рекомендаций по рациональному использованию земель и прогнозом изменений природной среды. Комплекс форм рельефа и система рельефообразующих процессов выступают как один из ведущих компонентов природных ландшафтов (морфолитогенной основы ландшафта) и неотъемлемой частью инженерно – геологической среды. Выделение морфологических и генетических типов рельефа позволяет оценить сходство в строении и единство в развитии рельефа пространственно разобщенных территорий.

Геоморфологическое районирование коридоров трасс магистральных трубопроводов в последние годы выполнено авторами для территорий Русской равнины, равнинных территорий Западной и Восточной Сибири. Эти трубопроводные системы представляют собой сложный комплекс инженерных сооружений. Объекты, входящие в комплекс оказывают различное воздействие на динамическое состояние рельефа (динамические фазы денудации, аккумуляции и динамического равновесия) и интенсивность (скорость) рельефообразующих процессов. Имея протяженность в первые тысячи километров, магистральные трубопроводы располагаются в пределах равнин с различными морфологическими и генетическими типами рельефа, историей и динамикой развития, современными и древними рельефообразующими процессами.

Морфологические, генетические и возрастные характеристики форм и комплексов форм рельефа и прогноз его изменения отражаются на карте геоморфологического районирования, основных типов рельефа и динамики современных геоморфологических процессов масштаба 1:500000 – 1:200000 (1: 100000). Основанием для проводимого районирования и типизации рельефа служат общие геоморфологические схемы. Однако, как правило, они дополняются региональными материалами, позволяющими детализировать и конкретизировать геоморфологическую характеристику территории и прогноз воздействия.

При районировании флювиального эрозионно-денудационного рельефа, осложненного карстовыми, мерзлотными формами, по типам рельефообразующих процессов и их интенсивности основывается, прежде всего, на наиболее разработанных вопросах оценки и прогноза: овражной эрозии, русловой эрозии, криогенных процессов, склоновых процессов и др. [Рыжов, 2003; Тржицинский и др., 1969] Это позволяет при геоморфологическом районировании с достаточной сте-

пенью вероятности прогнозировать активизацию опасных геологических процессов и явлений. С меньшей степенью вероятности оценивается возможность возникновения рельефообразующих процессов, связанных с функционированием техногенной системы магистрального трубопровода. Наибольшую сложность вызывает оценка изменений в почвенном и растительном покрове при механическом и физико-химическом воздействии при изменениях рельефа и рельефообразующих процессов, т.е. изменениях морфолитогенной основы ландшафта.

Оценки и прогноза динамического состояния (динамической фазы) рельефа произведена по анализу современных морфологических показателей днищ долин рек (уклонов, порядков водотоков, транспортирующей способности, ширины днищ и т.п.) и склонов долин и междуречий (уклоны, длина и т.п.). Впервые она была применена при оценке трассы при пересечении Северо-Сахалинской равнины.

Региональные вопросы геоморфологического районирования равнин рассматриваются на примере территории юга Восточной Сибири в основном Лено-Ангарского плато.

В соответствии со схемой геоморфологического районирования [Геоморфологическое районирование, 1980] трасса магистрального трубопровода проходит в пределах геоморфологической области Лено-Ангарское плато геоморфологической провинции Среднесибирское плоскогорье. Разделение на геоморфологические районы и подрайоны (рис. 1) проведено как части геоморфологической области, имеющей наиболее простое и постоянное сочетание близких по морфологии (возвышенная расчлененная равнина, плато) и генезису (флювиальный, карстовый) форм рельефа в пределах всей территории района.

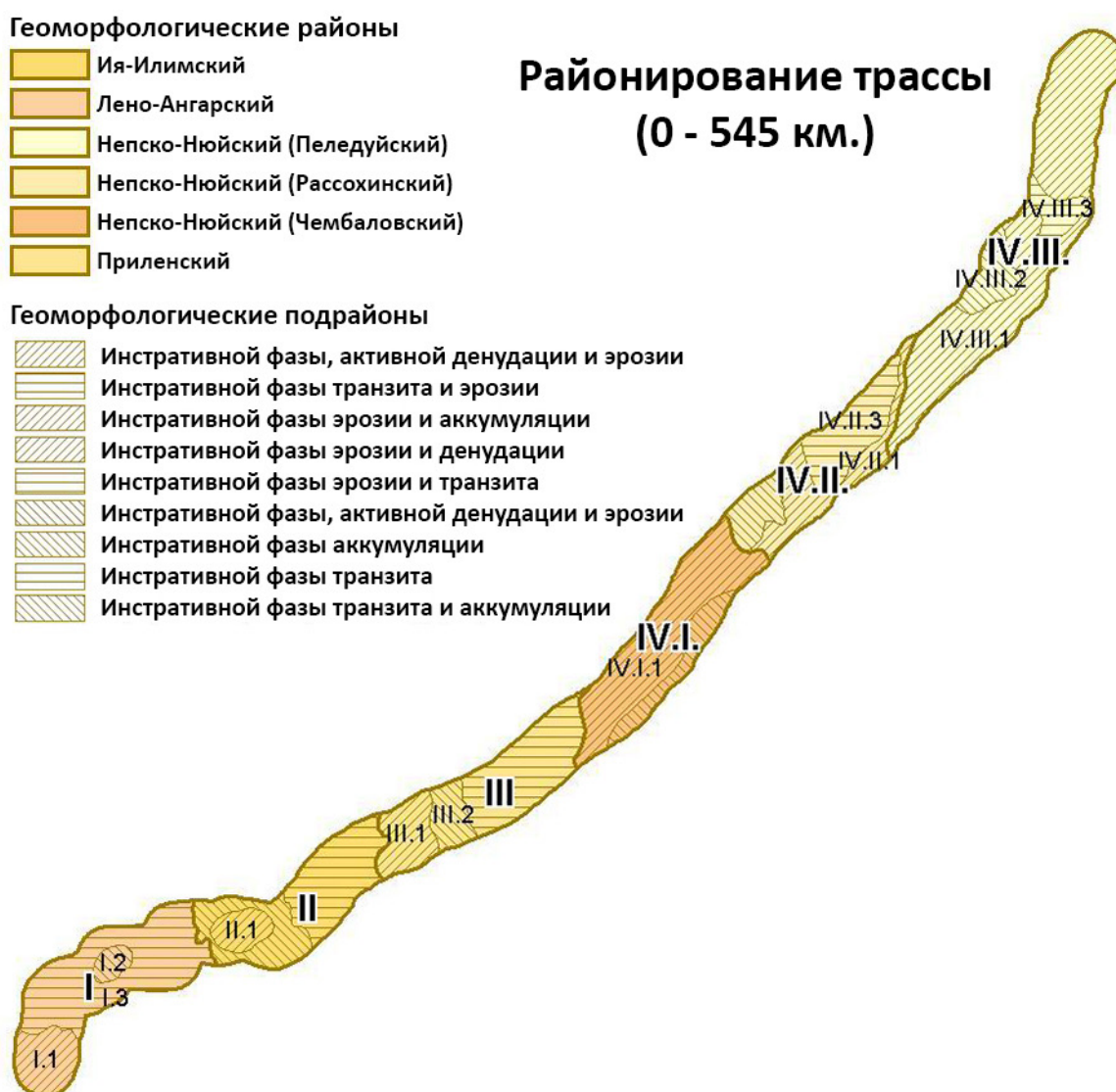


Рис. 1. Геоморфологическое районирование

В основании геоморфологического районирования и выделения геоморфологических районов и подрайонов положены материалы мелкомасштабных исследований, опубликованные в литературе. Во всех геоморфологических районах господствуют комплексы форм рельефа характерные для флювиального рельефа возвышенной расчлененной равнины. К ним относятся: – приводораздельные вершинные поверхности междуречий (ПВПМ), имеющие преимущественно грядово-холмистую морфологию; долины рек с комплексом террас, слившихся в наклонные поверхности террасоувалов; комплексом склонов различной крутизны с преобладанием склонов пологих и средней крутизны (до 15–20 град.). В северо-восточной части ТНП имеют широкое распространение формы покрытого и открытого (редко) карста. С проявлением карста связано распространение форм рельефа обусловленных процессами оползания и отседания. Оценка факторов формирования рельефа под воздействием комплекса процессов карста, оползания и отседания, выполненная С.М. Большаковым (1970) и С.М. Шваревым (1993), предполагает широкое распространение комплекса форм рельефа, которые сформированы в неоген – плейстоцене и формируются по настоящее время. Широкое распространение имеют формы рельефа и рельефообразующие процессы, связанные с криогенными условиями. К ним относятся термокарст и термоэрозия, главным образом в северной части трассы. Повсеместное распространение имеют склоны средней крутизны и пологие с конжелифлюкционным и медленносолифлюкционным типами смещения склонового чехла, характерными для областей развития многолетнемерзлых пород (ММП).

Рельеф в пределах данной территории находится в различных динамических фазах. На схеме районирования выделены (рис. 2):

- участки с преобладающей активной эрозией и денудацией, для которых характерен преимущественно вынос продуктов эрозии и денудации за пределы трассы; – участки, где эрозия и денудация преобладают над процессами склоновой и аллювиальной денудации;
- участки динамического равновесия преимущественного транзита и локального накопления материала, сносимого склоновыми процессами в долины рек и выносимого водными потоками за пределы трассы;
- участки преимущественной аккумуляции в днищах долин рек и у подножья склонов в пределах ТМТ.



Рис. 2. Фрагмент карты динамического состояния рельефа

Для выделенных геоморфологических районов и типов рельефа характерно сочетание участков, находящихся в различных динамических фазах. В целом для ТМТ преобладают отрезки, где сочетаются участки, где эрозия и денудация преобладают над процессами склоновой и аллювиальной денудации и участки динамического равновесия преимущественного транзита и локального накопления материала, сносимого склоновыми процессами в долины рек и выносимого водными потоками за пределы ТМТ. На основании вышесказанного составляется прогноз (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз развития неблагоприятных и опасных процессов и явлений

№ п/п	КМ трассы	Неблагоприятные и опасные процессы и явления		Этап строительства		Этап эксплуатации	
		Некриогенные	Криогенные	Некриогенные	Криогенные	Некриогенные	Криогенные
1	0–70	Обвальнo-осыпные (редко); конжелифлюкционные; эрозия боковая и донная; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение	Конжелифлюкция	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Конжелифлюкция; эрозия; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
2	70–165	Конжелифлюкция; эрозия; оврагообразование; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: мелкоблочное оползание; эрозия донная и боковая	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция	Конжелифлюкция; эрозия; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
3	165–240	Обваально-осыпные; конжелифлюкция; эрозия; оврагообразование; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: оврагообразование, заболачивание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Конжелифлюкция; эрозия; карст; заболачивание; оврагообразование	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
4	240–325	Конжелифлюкция; эрозия боковая; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: эрозия, заболачивание, мелкоблочное оползание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Эрозия; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
5	325–430	Эрозия; оврагообразование; конжелифлюкция; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: эрозия, заболачивание, мелкоблочное оползание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Эрозия; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
6	430–545	Обваливание; осыпание; конжелифлюкция; карст; заболачивание	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: эрозия, заболачивание, мелкоблочное оползание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Эрозия; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное

Результаты исследований и обсуждение. На основе анализа пространственной информации сгруппированной в БД ГИС, была дана оценка территории и составлена прогнозная карта, таблица неблагоприятных природных процессов, а порою и опасных явлений на территории прохождения трубопровода.

Кроме того, если есть необходимость, непосредственно из оболочки ГИС содержание паспорта можно вывести на экран или печать, послать его по E-mail адресу. Паспорт содержит про-

фессиональное описание объекта, его пространственное размещение, фото и видео материалы, ссылки на источники и т.п. Файлы паспортов объектов содержат ID-номер объекта и хранятся в отдельной папке. Данная организация хранения паспорта объекта, позволяет автономно ознакомиться с материалами оценки территории, редактировать характеристики объекта и т.п.

Выводы. Применение ГИС позволяет проводить дальнейшие геолого-геоморфологические исследования, опираясь на сгруппированные материалы в БД, добавлять новые параметры объектов непосредственно в «полевых» условиях, получать по запросу характеристику имеющихся объектов, проводить необходимое моделирование, и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А.М. Картографический словарь. М.: Научный мир, 2005.
2. Большаков С.М. К геоморфологии карста и оползней южной части Сибирской платформы с. 239–249 В кн. Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири том III «Наука» Сибирское отделение. Новосибирск, 1970.
3. Геоморфологическое районирование СССР. Москва: «Высшая школа», 1980. 343 с.
4. Рыжов Ю.В. Оценка овражной эрозии юга Восточной Сибири Известия РГО. 2003. № 1. С. 70–77.
5. Тржцинский Ю.Б., Будз М.Д., Зарубин Н.Е. Оползни, сели, термокарст в Восточной Сибири и их инженерно-геологическое значение. Москва: Наука, 1969. С. 136.
6. Шварев С.В. Развитие мерзлотных и карстовых процессов на трассе Усть-Кут – Киренск-Непа Транспортное строительство. 1993. № 4. С. 7–10.

I.S. Voskresensky¹, A.A. Suchilin²

GIS-BASED REGIONAL GEOMORPHOLOGICAL ZONING FOR ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF MAJOR PIPELINES

Abstract. The combination of landforms and paragenesis of contemporary land-forming processes along the major pipelines comprise both the «morpholithogenic basis of natural landscapes» and the essential component of techno-natural system (geological environment and geological engineering processes). Sequential reasoning with GIS and the specialized geomorphologic zoning lay down the foundation for working out the practical recommendations for safe construction and exploitation of pipelines, rational land use, actions for engineering object security and forecasts of relief and environment dynamics.

Key words: GIS, cartography, geomorphology, geospatial information.

REFERENCES

1. Berlyant A.M. Kartograficheskij slovar' [Cartographic Dictionary]. M.: Nauchnyj mir, 2005.
2. Bol'shakov S.M. K geomorfologii karsta i opolznej yuzhnoj chasti Sibirskoj platformy [By karst geomorphology and landslide south of the Siberian Platform] p. 239–249 V kn. Problemy geomorfologii i neotektoniki platformennyh oblastej Sibiri tom III «Nauka» Sibirskoe otdelenie. Novosibirsk, 1970.
3. Геоморфологическое районирование СССР [Geomorphological regionalization of the USSR]. Moskva: «Vysshaya shkola», 1980. 343 p.

¹ Moscow State University, faculty of geography, department of geomorphology and paleogeography; e-mail: isvoskresensky@rambler.ru.

² Moscow State University, faculty of geography, department of cartography and geoinformatics; e-mail: asuhov308@gmail.com.

4. Ryzhov Yu.V. Ocenka ovrazhnoj ehrozii yuga Vostochnoj Sibiri [Evaluation of gully erosion south of Eastern Siberia] Izvestiya RGO. 2003. № 1. Pp. 70–77.
 5. Trzhcinskij Yu.B., Budz M.D., Zarubin N.E. Opolzni, seli, termokarst v Vostochnoj Sibiri i ih inzhenerno-geologicheskoe znachenie [Landslides, mudslides, thermokarst in East Siberia and their engineering-geological significance]. Moskva: Nauka, 1969. 136 p.
 6. Shvarev S.V. Razvitie merzlotnyh i karstovyh processov na trasse Ust'-Kut – Kirensk – Nepa [Development of cryogenic and karst processes on the route Ust-Kut – Kirensk-Nepa] Transportnoe stroitel'stvo. 1993. № 4. Pp. 7–10.
-

УДК 504.064.2+910.27+528.855

Л.Н. Трофимец¹, Е.А. Паниди²

МЕТОДЫ ГЕОМОРФОМЕТРИИ, ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДА ⁴⁰К В ПОЧВЕ РАСПАХИВАЕМЫХ СКЛОНОВ, ОСЛОЖНЕННЫХ ЛОЖБИНОЙ СЕТЬЮ

Резюме. Радиоизотоп ⁴⁰К на распахиваемых склонах вовлекается в эрозионный процесс. Применение космических снимков сверхвысокого разрешения, ГИС, методов геоморфометрии и традиционных агрохимических исследований позволили выявить приуроченность участков повышенной радиоактивности почвы по ⁴⁰К к вогнутым частям склонов, пониженной – к выпуклым. Повышенное содержание в почве радиоизотопа может быть связано как с повышенным содержанием гумуса, так и с повышенным содержанием глинистой фракции. Показана перспективность использования всех перечисленных методов при изучении латерального распределения изотопа ⁴⁰К в почвах агроценозов.

Ключевые слова: радиоизотоп ⁴⁰К, геоморфометрия, профильная кривизна, космические снимки, агрохимические анализы.

Введение. Естественные радионуклиды, имеющие природное происхождение, присущи в тех или иных количествах всем природным объектам нашей планеты. Поступление естественных радионуклидов антропогенного происхождения в агроэкосистемы связано с применением минеральных удобрений и мелиорантов. На долю ⁴⁰К, источником которого являются калийные удобрения, приходится около 0,012% от всего количества калия в почвах [Рихванов, 1997]. За период с 1990 года по настоящее время внесение минеральных удобрений на поля России и, в частности, на поля Орловской области, сократилось с 181 кг/га в год в 1990 г. до менее чем 70 кг/га в год в последние годы (при норме не менее 100 кг/га в год). Очевидно, что увеличение объемов внесения минеральных удобрений в ближайшей перспективе в стране является неизбежным, а разработка методов оценки потребности в мелиоративных мероприятиях и контроля их результатов является важнейшей задачей в составе обеспечения устойчивого развития агроценозов.

В связи с этим, основной целью настоящей работы явилось выяснение влияния рельефа на распределение радионуклида естественного происхождения ⁴⁰К. Для достижения цели в ходе исследования были поставлены и решены три основные задачи. Первая – обобщить имеющийся авторский экспериментальный полевой материал по естественному радионуклиду ⁴⁰К. Вторая – выяснить особенности распределения ⁴⁰К в почве пахотного склона, осложненного древними ложбинами стока. Третья – выяснить возможности методов дистанционного зонди-

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, факультет естественных наук, кафедра географии, г. Орел, 302026, Россия, канд. геогр. н.; e-mail: trofimec_l_n@mail.ru.

² Санкт-Петербургский государственный университет, институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, 199178, Россия, канд. тех. н.; e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru.