



УДК 911.5:621.644:624.131.1(476)

Типологическое районирование трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь)



Т. А. Мележ

Мележ Татьяна Александровна, старший преподаватель, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Республика Беларусь, tatyana.melezh@mail.ru

Проведено типологическое районирование трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» по возможности проявления инженерно-геологических процессов. Выделено семь групп процессов по агенту рельефообразования. Каждая из них включает несколько типов, отличающихся генезисом процесса. На основании анализа комплекса факторов – геологического строения, характера неотектонических процессов, геоморфологических условий, особенностей гидрогеологических и климатических условий, интенсивности флювиальных процессов, степени техногенного влияния на геологическую среду – автором разработана классификация опасных инженерно-геологических процессов, проявление и активизация которых прослеживаются вдоль трасс магистральных трубопроводов.

Ключевые слова: инженерно-геологические процессы, генетические типы отложений, магистральные трубопроводы, типология.

Typological Zoning of Trunk Pipeline Routes According to the Possibilities of Engineering-Geological Processes (on the Example of the Trunk Pipeline «Druzhba 2» within the Limits of the Republic of Belarus)

Т. А. Melezh

Tatsiana A. Melezh, <https://orcid.org/0000-0003-0847-3366>, Francisk Skorina Gomel State University, 104 Sovetskaya St., Gomel 246019, Republic of Belarus, tatyana.melezh@mail.ru

The typological zoning of the main pipeline route «Druzhba 2» has been carried out as far as possible manifestations of engineering-geological processes appear. Seven groups of processes are singled out on the agent of a relief formation, each of which includes several types allocated on the genesis of process. Based on the analysis of a set of factors: geological structure, the nature of neotectonic processes, geomorphological conditions, especially hydrogeological and climatic conditions, the intensity of fluvial processes, as well as the degree of anthropogenic impact on the geological environment the author has developed a classification of dangerous engineering-geological processes, the manifestation and activation of which can be traced along the routes of pipelines.

Keywords: engineering-geological processes, genetic types of deposits, main pipelines, typology.

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-10-16>

Введение

Первые магистральные газопроводы и газопроводы-отводы газотранспортной системы Республики Беларусь были построены в 1960–1961 гг. В 1961 г. начал функционировать газопровод Ивацевичи–Вильнюс. В 1963 г. сдан в эксплуатацию первый трансевропейский нефтепровод «Дружба», проложенный в южной части Беларуси. Первый в республике нефтепродуктопровод Полоцк–Вентспилс действует с 1972 г. В 1974 г. были введены в эксплуатацию участок газопровода Волковыск – государственная граница с Польшей – и первая нитка магистрального газопровода Торжок–Минск–Ивацевичи протяженностью 453 км. В 1978 г. была введена в эксплуатацию вторая нитка магистрального газопровода Торжок–Минск–Ивацевичи. В 1983 г. была введена в эксплуатацию третья нитка магистрального газопровода Торжок–Минск–Ивацевичи. В 1996 г. началось строительство трансконтинентального газопровода Ямал–Европа. В 1999 г. введен в эксплуатацию участок магистрального газопровода Ямал–Европа протяженностью 209 км.

В процессе техногенеза между компонентами геологической среды – литологической основой (грунтами), рельефом, а также природными водами (поверхностными и подземными) и магистральными трубопроводами (капитальные инженерные сооружения, рассчитанные на длительный срок эксплуатации и предназначенные для бесперебойной транспортировки на значительное расстояние природных и искусственных газов, нефти, нефтепродуктов, воды, твердых и сыпучих тел, взвешенных в потоке воздуха или воды, от мест их добычи и переработки к местам потребления) – возникает тесная взаимосвязь, приводящая к формированию природно-техногенной системы «геологическая среда–трубопровод», особому типу геотехнических систем. Трассы магистральных трубопроводов прокладываются в разных природно-климатических зонах, отличающихся геологией, геокриологией, гидрогеологией, географическим ландшафтом и степенью его освоенности.

Цель исследования – проведение типологического районирования трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь).



Материал и методы исследования

В основу положены результаты инженерно-геологических исследований, проводимых в пределах трасс магистральных трубопроводов, а также картографический материал: топографические карты, геоморфологическая карта и карта четвертичных отложений Беларуси. Для осуществления типизации трас магистральных трубопроводов использовались экспедиционные работы, картографические методы и метод системного анализа.

Результаты исследования

Природные условия ветки магистрального нефтепровода «Дружба 2» по линии Костюковичи–Орша–Новополоцк характеризуются неоднородностью. В тектоническом отношении (с востока на запад) нефтепровод пересекает северную переклиналъ Воронежской антеклизы, далее Оршанскую впадину и часть Латвийской седловины. Кровля фундамента погружена от –200–600 м, до –500–1300 м [1]. Платформенный чехол, как правило, включает отложения девона (D), мела (K) и юры (J), палеогена (P), неогена (N) и антропогена (Q). Наибольшее распространение получили породы меловой системы (мергельно-меловые, глины), девона (мергели, известняки, доломиты, песчаники), палеогена (пески, глины) и неогена (пески, глины).

Общей и важной чертой региона является молодость рельефа, оформление которого связано с последней ледниковой эпохой, позднеледниковьем и голоценом (северный участок трубопровода в пределах Поозерья). Основные котловины и возвышенности получили первичные контуры уже в эпоху сожского оледенения. В эти геологические этапы большое значение приобретали восходящие и нисходящие неотектонические и гляциоизостатические движения, оказавшие существенное влияние на осадконакопление в водоемах, преобразование возвышенностей, трансгрессивные и регрессивные фазы морфо- и седиментогенеза.

Абсолютные высоты дневной поверхности колеблются в пределах от 155–180 до 220–290 м. Особенностью рельефа является преобладание пологоволнистых, водно-ледниковых равнин, фронтальных краевых моренных возвышенностей и угловых массивов с явным преобладанием тяжелых моренных суглинков и валунного материала, не покрытых более поздними отложениями, с широким распространением форм рельефа ледниковой аккумуляции и экзарации [2].

Характерно распространение суффозионных западин, оврагов, балок на лессовидных породах. В связи с неглубоким залеганием меловых пород чаще, чем в других областях, проявляются карстовые процессы. Сложное сочетание факторов и условий морфогенеза обусловило генетическое и морфологическое разнообразие рельефа.

Интенсивность, скорость, характер и направленность неблагоприятных процессов, протекающих в пределах трасс магистральных трубопроводов, определяются геоморфологическими условиями, свойствами горных пород и особенностями их залегания, типом руслового процесса (для подводных переходов), неотектоническими процессами, степенью хозяйственного освоения территории [3].

На основании анализа комплекса факторов – геологического строения, характера неотектонических процессов, геоморфологических условий, особенностей гидрогеологических и климатических условий, интенсивности флювиальных процессов, а также степени техногенного влияния на геологическую среду – автором разработана классификация опасных инженерно-геологических процессов, проявление и активизация которых прослеживаются вдоль трасс магистральных трубопроводов. По агенту рельефообразования выделено семь групп процессов. Каждая из них включает несколько типов, отличающихся происхождением процесса [3, 4, 5]:

1-я группа – гравитационная – включает типы: обвально-осыпной, оползневой и крип;

2-я группа – гидрогеологическая (процессы, связанные с деятельностью подземных вод, в том числе их агрессивностью) – включает типы: суффозионно-карстовый и подтопление;

3-я группа – флювиальная – включает типы: плоскостная эрозия, размыв берегов, русловые деформации;

4-я группа – климатическая – включает типы: протаивание, промерзание, переувлажнение грунта;

5-я группа – биогенная – тип заболачивание;

6-я группа – тектоническая;

7-я группа – технологическая (оттаивание мерзлого грунта вокруг нагретой трубы).

К самостоятельной категории можно отнести электрохимические свойства грунтов (оммическая составляющая), снеговую и ветровую нагрузку, нагрузку от обледенения наземного трубопровода.

Инженерно-геологические условия территорий играют значительную роль при разработке инженерных проектов, и в частности линейных инженерных сооружений (магистральные трубопроводы), а также их эксплуатации. Инженерно-геологические условия территории, ее геоморфологическое строение дают наиболее полное представление о генезисе, морфологии и возрасте изучаемого рельефа [6].

Морфологические особенности территории также несут в себе генетическую информацию, что позволяет судить об интенсивности и направленности происходящих изменений. Работа разных рельефообразующих агентов выражается в облике создаваемых ими форм или комплексов форм рельефа.

На основе анализа комплекса факторов (морфометрические характеристики рельефа,



генетический тип отложений, тип грунтовой толщи, глубина залегания грунтовых вод и характер их агрессивности), а также проявления опасных инженерно-геологических процессов автором проведено типологическое районирование трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» (таблица). На основании вышеизложенного нами выделено четыре типа районов.

Первый тип – охватывает территорию полого-волнистых озерно-ледниковых равнин (Полоцкая низина и Лучесинская ледниково-озерная низина) с преобладающими абсолютными отметками 140–160 м, глубина расчленения варьирует от 3–5 до 5–10 м, густота расчленения – 0,35–0,5 км/км², крутизна склонов незначительна, колеблется в пределах от 1–2 до 3–4,5°, длина склонов 0,22 м. Антропогенная толща сложена моренными (gQIIIprz), флювиогляциальными (fQIIIprz), озерно-ледниковыми (lgQIIIprz), озерно-аллювиальными (laQIIIprz), болотными (bQIV), аллювиальными (aQIV, aQIIIprz) и эоловыми (vIII–IV) отложениями, представленными глинами, суглинками, супесями, песками и торфом. Мощность антропогенной толщи порядка 130 м. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 0,3–1,5 до 3–5 м. Согласно геолого-гидрохимическому районированию территории Беларуси по типу агрессивности подземных вод район относится к зоне с углекислым типом агрессивности; степень минерализации подземных вод четвертичной толщи варьирует в пределах 0,3–0,5 г/л, однако в бассейне Западной Двины выделяется обширная зона с минерализацией подземных вод более 0,5 г/л, что коррелируется с областью распространения озерно-ледниковых отложений (lgQIIIprz), временем отступления поозерского ледника, а также высокой «моренонасыщенностью» четвертичного разреза; по составу это преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниево-железные воды.

Согласно схеме районирования территории Беларуси по глубине промерзания грунтов описываемый район относится к зоне, где средняя многолетняя глубина промерзания грунтов составляет 60–75 см. На основании зонирования территории Беларуси по условиям пучинообразования территория района относится к Северо-восточной зоне, характеризующейся продолжительной зимой около 120 суток, устойчивым снежным покровом, сохраняющимся 100–120 дней. Оттепелей сравнительно мало. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля. Средняя многолетняя отрицательная температура воздуха 7–8°C ниже нуля. Количество осадков составляет примерно 600 мм.

На основании описанных условий в пределах первого типа возможно проявление и развитие следующих групп опасных инженерно-геологических процессов:

гидрогеологическая группа, тип процесса *подтопление*, развитие которого связано с

характером рельефа (низкие гипсометрические уровни), близким залеганием грунтовых вод к поверхности (0,3–1,5 м) и пр. Так, под подтоплением понимают любое увеличение уровня грунтовых вод выше некоторого критического положения, при котором отсутствуют необходимые условия для строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Причиной этого в первую очередь являются техногенная утечка воды из подземных водонесущих коммуникаций, прудов, отстойников, засыпка естественных дренажей – оврагов, подпор грунтовых вод – в прибрежных зонах водохранилищ, барражный эффект. Наиболее подтопляемыми являются территории, сложенные слабопроницаемыми, фильтрационно-анизотропными глинистыми грунтами со слаборазвитой эрозийной сетью и неглубоким залеганием водоупорных слоев. Скорость повышения уровня грунтовых вод на таких территориях в первые 10 лет может достигать 0,5–1,0 м в год, иногда 3–4 м в год, а в отдельных случаях аварийного замачивания и более 1,0 м;

климатическая группа, тип процесса *протаивание и промерзание*, а также *пучение грунтов*, поскольку в составе толщи вскрываются пылеватые грунты, в которых происходит интенсивное накопление влаги с образованием ледяных линз при промерзании. Так, песчаные грунты обладают малой поверхностной энергией. Пылеватые грунты – значительной поверхностной энергией и небольшим сопротивлением подъему воды. Поэтому в них происходит интенсивное накопление влаги с образованием ледяных линз при промерзании. Глинистые грунты обладают огромной поверхностной энергией и большим сопротивлением перемещению воды в порах. Поэтому скорость перемещения в них небольшая. При отрицательных температурах они не успевают промерзнуть быстрее, чем вода поднимается в активную зону. Пучение зависит от климатических, грунтовых и гидрологических условий;

биогеологическая группа, тип процесса *заболочивание*;

тектоническая группа, процессы связаны с наличием локальных разломов: наиболее значительным является суперрегиональный Полоцкий разлом.

Второй тип – занимает территорию в пределах пологой, полого-волнистой моренной равнины с моренно-холмисто-озерным рельефом (Шумилинская и Горецкая моренная равнины), абсолютные отметки в среднем составляют 150–160 м, максимальные достигают 200 м, глубина расчленения 10–15 м, густота расчленения 0,3–0,4 км/км², крутизна склонов 2–4°, длина склонов 0,3–0,4 км. Антропогенная толща сложена моренными (gQIIIprz; gQIIIsz), флювиогляциальными (fQIIIprz; fQIIIsz), озерно-ледниковыми (lgQIIIsz), аллювиальными (aQIIIprz; aQIIIsz) отложениями, представленными валунными супесями и суглинками, лессовидными суглинками, глинами,



Типологическое районирование трассы магистрального трубопровода «Дружба 2»

Типологический район	Морфометрические характеристики рельефа		Генетические типы отложений	Тип грунтовой толщи	Глубина залегания грунтовых вод, м	Тип агрессивности грунтовых вод	Инженерно-геологические процессы
	параметр	показатель					
1	Абс. отм.	140–160 (max 180) м	<p>Моренные (gQIIIprz), флювиогляциальные (fQIIIprz), озерно-ледниковые (lgQIIIprz), озерно-аллювиальные (laQIIIprz), болотные (bQIV), аллювиальные (aQIV, aQIIIprz), эоловые (vIII-IV)</p>	<p>Глины, суглинки, моренные супеси, безвалунные и валунные суглинки, пески, торф</p>	<p>0,3–1,5 (в пределах низменностей) 3–5 (на равнинах)</p>	<p>Углекислотный</p>	<p>Заболачивание, подтопление</p>
	Глубина расчленения	От 3–5 до 5–10 м					
	Густота расчленения	0,35–0,5 км/км ²					
	Крутизна склонов	От 1–2 до 3–4,5°					
	Длина склонов	0,22 км					
2	Абс. отм.	От 150–160 до 200	<p>Моренные (gQIIIprz; gQIIIsz), флювиогляциальные (fQIIIprz; fQIIIsz), озерно-ледниковые (lgQIIIsz), аллювиальные (aQIIIprz; aQIIIsz)</p>	<p>Моренные супеси и суглинки, лессовидные суглинки, глины, пески</p>	<p>От 3 до 5</p>	<p>Сочетание углекислотного и карбонатного типов</p>	<p>Оврагообразование, оползни и осыпи, суффозия, плоскостная эрозия</p>
	Глубина расчленения	10–15 м					
	Густота расчленения	0,3–0,4 км/км ²					
	Крутизна склонов	От 2–4 до 6°					
	Длина склонов	0,3–0,4 км					
3	Абс. отм.	200–225	<p>Моренные (gQIIIprz; gQIIIsz), флювиогляциальные (fQIIIprz; fQIIIsz), аллювиальные (aQIIIprz; aQIIIsz)</p>	<p>Валунные супеси и суглинки, пески, лессовидные породы</p>	<p>От 10 до 15</p>	<p>Углекислотный</p>	<p>Оврагообразование, осыпи, оползни, суффозия, плоскостная эрозия</p>
	Глубина расчленения	20–30 м					
	Густота расчленения	0,3–0,4 км/км ²					
	Крутизна склонов	От 4 до 6°					
	Длина склонов	0,4–0,6 км					
4	Абс. отм.	190–225 м	<p>Моренные (gQIIIsz; gQIIId), флювиогляциальные (fQIIIsz; fQIIId-sz), аллювиальные (aQIIIprz; aQIV), болотные (bIV)</p>	<p>Валунные суглинки и супеси, пески, лессовидные суглинки, торф</p>	<p>От 3 до 5</p>	<p>Карбонатный</p>	<p>Обвалы, осыпи, крип, оврагообразование, заболачивание, суффозия, карст, эоловые процессы</p>
	Глубина расчленения	12,4 м					
	Густота расчленения	0,4–0,6 км/км ²					
	Крутизна склонов	3–5°					
	Длина склонов	0,22–0,44 км					



песками. Мощность отложений изменяется от 20–80 до 120–125 м. Глубина залегания грунтовых вод от 3 до 5 м.

Согласно геолого-гидрохимическому районированию по типу агрессивности подземных вод район относится к зоне, где сочетаются углекислотный и карбонатный типы агрессивности, степень минерализации подземных вод четвертичной толщи составляет 0,5 г/л, что объясняется преобладанием в составе покровных отложений моренных (gQIIIpz; gQIIIsz) и озерно-ледниковых (gQIIIpz; gQIIIsz) образований; по составу это преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниевые воды.

Согласно схеме районирования по глубине промерзания грунтов описываемый район, так же как и первый, относится к зоне, где средняя многолетняя глубина промерзания грунтов составляет 60–75 см. На основании зонирования территории Беларуси по условиям пучинообразования территория района относится к Северо-восточной зоне, характеризующейся продолжительной зимой около 120 суток, устойчивым снежным покровом, сохраняющимся 100–120 дней. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля.

На основании вышеизложенного в пределах описываемого района возможно проявление и развитие следующих групп опасных инженерно-геологических процессов:

флювиальная группа, тип процесса *оврагообразование*: крупные эрозионные формы формируют разветвленные овражно-балочные системы, глубина молодых оврагов достигает 25–30 м, они отличаются обнаженными крутыми склонами. Интенсивность флювиальных процессов зависит от крутизны склонов, глубины вертикального расчленения рельефа, а также густоты расчленения. Кроме того, на условия развития водно-эрозионных процессов оказывает влияние литологический состав поверхностных отложений. Несмотря на то что допустимые не размывающие скорости грунтов высоки и составляют порядка 0,55–1,0 м/с, что характерно для суглинков и среднеплотных глин, эти отложения в сочетании с морфометрическими показателями в большей степени подвержены действию флювиальных процессов; тип процесса *плоскостная эрозия*: ее вызывает поверхностный сток, формирующийся в результате выпадения атмосферных осадков. Величина плоскостного смыва может изменяться от 2,4–3,6 до 8,0–10,4 мм/год, что связано с распространением покровных лессовидных отложений и величиной выпадающих атмосферных осадков (до 650 мм);

гравитационная группа, тип процесса *оползни и осыпи*, что объясняется характером рельефа, крутизной склонов (2–4°);

гидрогеологическая группа, тип процесса *суффозия*: проявление и развитие процесса связаны с характером грунтовой толщи, а именно

наличием в разрезе лессовидных суглинков, с выщелачиванием карбонатов, вымыванием глинистых частиц и последующей просадкой поверхности. Суффозионные западины достигают глубин 1–1,5 м, диаметр 50–80 м.

Третий тип – располагается в пределах среднехолмистых моренных возвышенностей (Ушачская и Оршанская краевые ледниковые возвышенности), абсолютные отметки в среднем составляют 200–225 м, глубина расчленения 20–30 м, густота расчленения 0,3–0,4 км/км²; крутизна склонов от 4 до 6°, длина склонов до 0,4 км. Антропогенная толща сложена моренными (gQIIIpz; gQIIIsz), флювиогляциальными (fQIIIpz; fQIIIsz), аллювиальными (aQIIIpz; aQIIIsz) отложениями, представленными валунными супесями и суглинками, лессовидными породами, песками. Мощность отложений изменяется от 100–120 до 140 м. Глубина залегания грунтовых вод от 10 до 15 м.

Согласно геолого-гидрохимическому районированию по типу агрессивности подземных вод район относится к зоне, где доминирует углекислотный тип, степень минерализации подземных вод четвертичной толщи составляет от 0,3 до 0,5 г/л, что объясняется преобладанием в составе покровных отложений моренных (gQIIIpz; gQIIIsz) и озерно-ледниковых (gQIIIpz; gQIIIsz) образований; по составу это преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниевые воды.

Согласно схеме районирования по глубине промерзания грунтов описываемый район, так же как и первый, относится к зоне, где средняя многолетняя глубина промерзания грунтов составляет 60–75 см. На основании зонирования территории Беларуси по условиям пучинообразования территория района относится к Северо-восточной зоне, характеризующейся продолжительной зимой – около 120 суток, устойчивым снежным покровом, сохраняющимся 100–120 дней. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля.

На основании инженерно-геоморфологических условий в пределах описываемого района возможно проявление и развитие следующих групп опасных инженерно-геологических процессов:

флювиальная группа, тип процесса *оврагообразование*: крупные эрозионные формы формируют разветвленные овражно-балочные системы, глубина молодых оврагов достигает до 20 м, в отдельных местах они внедряются в коренные мергели и доломиты. Интенсивность флювиальных процессов зависит от крутизны склонов, глубины вертикального расчленения рельефа, а также густоты расчленения. Кроме того, на условия развития водно-эрозионных процессов оказывает влияние литологический состав поверхностных отложений; тип процесса *плоскостная эрозия*: ее вызывает поверхностный сток, формирующийся в результате выпадения



атмосферных осадков. Величина плоскостного смыва изменяется от 2,4–3,6 до 8,0–8,8 мм/год, что связано с распространением покровных лессовидных отложений и величиной выпадающих атмосферных осадков (до 600 мм);

гравитационная группа, тип процесса *оползни и осыпи*, что объясняется характером рельефа, крутизной склонов (4–6°);

гидрогеологическая группа, тип процесса *суффозия*: проявление и развитие процесса связаны с характером грунтовой толщи, а именно наличием в разрезе лессовидных суглинков, с выщелачиванием карбонатов, вымыванием глинистых частиц и последующей просадкой поверхности. Суффозионные западины распространены на плоских участках плакоров, их относительная глубина 0,1–1,5 м, иногда достигает 3 м.

Четвертый тип – характеризуется преобладанием приподнятых полого-волнистых равнин, абсолютные отметки в среднем составляют 190–225 м, глубина расчленения 12,4 м, густота расчленения 0,4–0,6 км/км², крутизна склонов от 3 до 5°, длина склонов от 0,22 до 0,44 км. Антропогенная толща сложена моренными (gQIII_d; gQII_{sz}), флювиогляциальными (fQIII_{dsz}; fQII_{sz}), аллювиальными (aQIII_{prz}; aQIII_v) и болотными (bIV) отложениями, представленными валунными супесями и суглинками, песками, торфами. Мощность антропогенной толщи изменяется от 20 до 140 м. Глубина залегания грунтовых вод от 3 до 5 м.

Согласно геолого-гидрохимическому районированию по типу агрессивности подземных вод район относится к зоне, где доминирует карбонатный тип, степень минерализации подземных вод четвертичной толщи составляет от 0,3 до 0,5 г/л, что объясняется преобладанием в составе покровных отложений моренных (gQIII_d; gQII_{sz}) образований; по составу это преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевые воды.

Согласно схеме районирования по глубине промерзания грунтов описываемый район, так же как и первый, относится к зоне, где средняя многолетняя глубина промерзания грунтов составляет 60–75 см. На основании зонирования территории Беларуси по условиям пучинообразования территория района относится к Северо-восточной зоне, характеризующейся продолжительной зимой – около 120 суток, устойчивым снежным покровом, сохраняющимся 100–120 дней. Промерзание грунта начинается в конце октября – начале ноября, а оттаивание – в конце марта – начале апреля.

На основании инженерно-геоморфологических условий в пределах описываемого района возможно проявление и развитие следующих групп опасных инженерно-геологических процессов:

флювиальная группа, тип процесса *оврагообразование*: крупные эрозионные формы формируют разветвленные овражно-балочные системы, глубина оврагов достигает 20–25 м. Интенсивность флювиальных процессов зависит от

крутизны склонов, глубины вертикального расчленения рельефа, а также густоты расчленения. Кроме того, на условия развития водно-эрозионных процессов оказывает влияние литологический состав поверхностных отложений; тип процесса *плоскостная эрозия*: ее вызывает поверхностный сток, формирующийся в результате выпадения атмосферных осадков. Величина плоскостного смыва изменяется от 3,6 до 7,4 мм/год, что связано с распространением покровных лессовидных отложений и величиной выпадающих атмосферных осадков (до 600 мм);

гравитационная группа, тип процесса *оползни и осыпи*, что объясняется характером рельефа, крутизной склонов (3–5°);

гидрогеологическая группа, тип процесса *суффозия*: проявление и развитие процесса связано с характером грунтовой толщи, а именно наличием в разрезе лессовидных суглинков (мощность которых достигает 4–6 м), с выщелачиванием карбонатов, вымыванием глинистых частиц и последующей просадкой поверхности. Развита суффозионная западина диаметром от 30 до 300 м, глубиной 2,5 м; тип процесса *карст* – комплекс форм рельефа, созданный в результате химического выветривания карстующихся пород, главным образом мела; распространены термокарстовые и карстовые западины, достигающие до 50 м в поперечнике и до 2–5 м в глубину;

эоловые процессы – объединяют эрозионную деятельность (дефляцию), перенос и аккумуляцию материала. Эоловые формы (холмы и гряды) достигают в высоту 2–7 м, длина до нескольких сотен метров. Возможно возникновение пыльных бурь от слабой до средней;

биогеологическая группа процессов, тип процесса *заболачивание*, мощность торфяников достигает иногда до 4–5 м.

Выводы

На основании комплекса факторов проведено типологическое районирование магистрального трубопровода «Дружба 2», выделено четыре района, каждый из которых характеризуется определенными морфометрическими показателями, генетическим типом отложений, типом грунтовой толщи, глубиной залегания грунтовых вод, типом агрессивности грунтовых вод, а также проявлением и развитием определенных инженерно-геологических процессов.

Поведение системы «геологическая среда – трубопровод» определяется развитием в ней механических напряжений и выражается в виде взаимообусловленных и последовательно действующих процессов и явлений, таких как упругое и пластическое деформирование, а также разрушение (хрупкое при нарушении сплошности либо пластическое с потерей устойчивости пород). При очевидности негативного воздействия геологической среды на техноприродную систему



«геологическая среда – магистральный трубопровод» возможно моделирование экстремальных ситуаций с получением количественных характеристик силового воздействия на трубопровод.

Исследование природно-техногенной системы позволяет изучать, с одной стороны, влияние магистральных трубопроводов на состояние геологической среды, с другой – влияние геологической среды на трубопровод. Влияние магистральных трубопроводов на состояние геологической среды проявляется в механическом разрушении грунта (развитие эрозии, оврагов, термокарста), нарушении экологического равновесия (загрязнение окружающей среды продуктами, транспортируемыми по трубопроводу, тепловое загрязнение и пр.), нарушении микро- и макро-рельефа, качественном (трудновосстановимом) изменении окружающей среды (термокарсты, оползни, деформация русла реки).

Библиографический список

1. Тектоническая карта Белоруссии. Масштаб 1: 500 000 / сост. Р. Г. Горещкий. М. : Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1974.
2. Мележ А. А. Общая характеристика природных условий трасс магистральных трубопроводов на территории Беларуси // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси : материалы науч.-практ. конф. студ., магистр. и асп. Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2014. С. 96–99.
3. Мележ А. А. Опасные инженерно-геологические процессы на трассах магистральных трубопроводов // Актуальные вопросы наук о Земле в концепции устойчивого развития Беларуси. С. 99–102.
4. Сучасныя геалагічныя працэсы. М 1 : 1 3 000 000 // Нацыянальны атлас Беларусі. Мінск : Белкартаграфія, 2002. С. 50.
5. Геоморфологическая карта Белорусской ССР / сост. Р. И. Левицкая ; гл. ред. Б. Н. Гурский. Масштаб 1 : 500 000. Минск, 1986.
6. Мележ А. А. Особенности инженерно-геологических изысканий при проектировании линейных сооружений в районах развития опасных инженерно-геологических процессов // Грани науки-2014 : сб. тез. 3-й Всерос. инт.-конф. / отв. ред. А. В. Герасимов. Казань : СМУиС, 2014. С. 425–426.

Образец для цитирования:

Мележ Т. А. Типологическое районирование трасс магистральных трубопроводов по возможности проявления инженерно-геологических процессов (на примере трассы магистрального трубопровода «Дружба 2» в пределах Республики Беларусь) // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 10–16. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-10-16>

Cite this article as:

Melezh T. A. Typological Zoning of Trunk Pipeline Routes According to the Possibilities of Engineering-Geological Processes (on the Example of the Trunk Pipeline «Druzhba 2» within the Limits of the Republic of Belarus). *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 1, pp. 10–16 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-10-16>