

УДК 551.4(476):625

Е. А. Кухарик

*магистр геогр. наук, аспирант лаборатории геодинамики и палеогеографии
Института природопользования НАН Беларуси
e-mail: shzhk@mail.ru*

ТРАНСФОРМАЦИЯ РЕЛЬЕФА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Приведены краткие сведения по истории развития дорожной сети исследуемого региона, а также изученности вопросов техногенного преобразования ландшафтов. Рассмотрены конструктивные особенности сооружаемого при строительстве разнотипных дорог земляного полотна, определены параметры техноморфа. Дана оценка измененности рельефа юго-запада Беларуси с использованием показателей объемов техногенно-перемещенных грунтов. Результаты исследований показали, что более значительная трансформация рельефа происходит в процессе строительства автомобильных дорог. Это обусловлено их значительно большей протяженностью по сравнению с железными дорогами. Средние значения объемов перемещенных пород для автомобильных и железных дорог – 2 797 и 412 м³/км² соответственно. Рассчитана интенсивность техногенного морфогенеза: средние показатели коэффициента интенсивности составили 41,1 и 2,7 м³/км²/год для автомобильных и железных дорог соответственно. Показано также, что темпы трансформации рельефа в процессе дорожного строительства за последние 150 лет значительно превысили суммарное действие всех природных процессов.

Введение

Вплоть до начала 50-х гг. XX в. на территории юго-западной Беларуси преобладали грунтовые дороги, при строительстве которых использовались щебень и песок, обработанные дегтем и битумами, однако в процессе эксплуатации такие дорожные покрытия быстро изнашивались. Лишь в первые послевоенные годы на территории региона появились автомобильные дороги с покрытием на основе асфальтобетона [1].

Железнодорожное строительство на исследуемой территории было начато во второй половине XIX в. К этому времени г. Брест стал крупным железнодорожным узлом, и уже в 1871 г. была открыта железнодорожная магистраль Смоленск – Минск – Брест, которая стала основой для формирования сети железных дорог Полесья [2].

Сложный и многоэтапный процесс строительства автомобильных и железных дорог в условиях Полесья практически во всех случаях сопровождался интенсивным воздействием на земную поверхность. Изучением этих вопросов в разное время занимались А. В. Матвеев [3–5], С. Ф. Савчик [6], Н. Ф. Гречаник [7], А. Н. Галкин [8].

В процессе становления дорожной сети на территории исследуемого региона возникла целая система линейных техногенных объектов – дорожных техноморфов. Согласно исследованиям А. Н. Галкина [8–10], совокупность всех дорожных путей сообщения на территории западной части Белорусского Полесья можно рассматривать как транспортно-коммуникационную литотехническую систему регионального уровня (ЛТС). В этом типе ЛТС выделены два вида – автодорожная и железнодорожная, которые рассматриваются в данной работе.

Материалы и методы исследований

Материалами для исследования послужили полевые исследования, среднемасштабные топографические карты разных годов, а также мелкомасштабные карты из Национального атласа Беларуси [11], Общегеографического атласа Брестской области [12], различные нормативные документы и научные публикации.

На первом этапе производились картографические измерения в пределах квадратов километровой сетки, которые имеют в масштабе длину стороны, равную 2 км, и площадь 4 км². Целью работ было определение протяженности автомобильных и же-

лезных дорог в пределах каждого из квадратов километровой сетки на всех листах топографических карт, охватывающих район исследований, и создание базы данных.

На втором этапе выполнялась генерализация полученных материалов и сведение их к единой схеме в масштабе 1 : 500 000. Для этого была составлена прозрачная основа с сетью квадратов, сторона каждого из которых в масштабе имела длину 10 км и площадь 100 км². Вся изучаемая территория на схеме в масштабе 1 : 500 000 была разбита на 322 участка (квадрата), для которых рассчитывалась протяженность дорог различных типов и классов.

На третьем этапе осуществлялись расчеты для определения объемов перемещенных грунтов при строительстве дорог различных классов. Для этого с использованием технической документации, а также опубликованных научных работ по данной тематике был вычислен объем 1 погонного метра земляного полотна для исследуемых групп объектов (таблица).

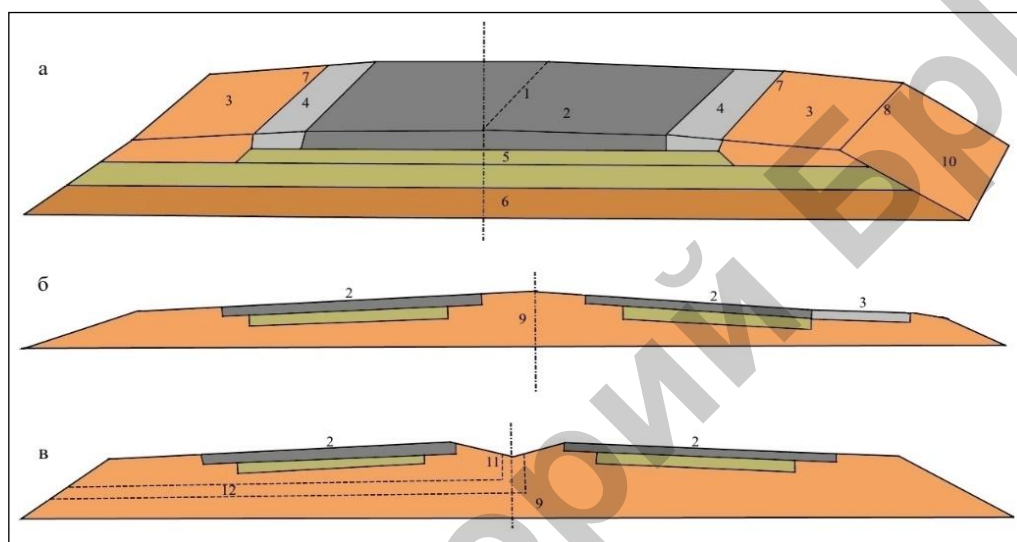
Таблица. – Усредненные параметры земляного полотна автомобильных и железных дорог [13; 14]

Класс автодороги / количество путей	Земляное полотно		Объем 1 погонного метра земляного полотна, м ³
	ширина, м	высота, м	
<i>Автомобильные дороги</i>			
Автомагистрали	28,5	1	28,5
Автодороги с усовершенствованным покрытием	27,5	0,7	19,25
Автодороги с покрытием	12	0,5	6
Автодороги без покрытия	10	0,25	2,5
<i>Железные дороги</i>			
Двухпутные	6,4	1	6,4
Однопутные	2,3	1	2,3

Имеющиеся показатели протяженности различных типов дорог в пределах каждого из 322 участков умножались на значение объема 1 погонного метра земляного полотна. В итоге были получены данные по суммарному объему сооруженных в процессе дорожного строительства насыпей и выемок (в м³). Все полученные значения были приведены к единице площади (км²). Это послужило источником информации при построении схемы распределения объемов перемещенных грунтов на территории юго-запада Беларуси (при выполнении картографических работ автор пользовался помощью С. В. Ракеть).

Земляное полотно представляет собой комплекс грунтовых сооружений, получаемых в результате обработки земной поверхности, и служит для укладки верхних частей автомобильных и железнодорожных путей и защиты их от воздействия атмосферных и грунтовых вод. Они проектируются на основе материалов геодезических, инженерно-геологических, гидрометеорологических, гидрогеологических и гидрологических изысканий. При сооружении земляного полотна используются грунты, состояние которых под воздействием природных факторов не изменяется или изменяется незначительно и не влияет на прочность земляного полотна. Для таких целей могут быть использованы как привозные, так и местные грунты, в том числе и техногенные (металлургические шлаки, золошлаковые смеси, грунты породных отвалов и др.). При использовании этих материалов для земляных сооружений нарушаются их свойства и условия залегания [15; 16].

Поперечные профили двух- и многополосных автомобильных дорог показаны на рисунке 1. В поперечном профиле выделяют проезжую часть, которая может быть одно-, двух- и многополосной, а также другие конструктивные элементы. Для обеспечения хороших транспортно-эксплуатационных свойств проезжая часть должна обладать достаточной ровностью, прочностью и шероховатостью, что достигается за счет сооружения дорожной одежды, которая состоит из нескольких слоев и укладывается на земляное полотно [1]. Основным нормативным документом, который регламентирует параметры и свойства земляного полотна автомобильных дорог, на данный момент является Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-19-2006 (02250) «Автомобильные дороги. Нормы проектирования» [15].



1 – ось дороги; 2 – проезжая часть; 3 – обочина; 4 – укрепленная полоса;
5 – дорожная одежда; 6 – земляное полотно; 7 – кромка проезжей части;
8 – бровка земляного полотна; 9 – разделительная полоса; 10 – откос;
11 – водоприемный колодец; 12 – водоотводная асбестоцементная трубка

Рисунок 1. – Поперечные профили дорог: двухполосной (а), многополосной с выпуклой разделительной полосой (б), многополосной с вогнутой разделительной полосой (в) [по 1]

Земляное полотно железных дорог сооружается по схожему с земляным полотном автомобильных дорог принципу, однако имеет ряд конструктивных отличий. Поперечное очертание основной площадки однопутного земляного полотна назначают в виде трапеции с шириной поверху 2,3 м, высотой 0,15 м и с основанием, равным ширине сооружаемого земляного полотна. Поперечное очертание верхней части двухпутного земляного полотна сооружают в виде треугольника, две стороны которого имеют длину 6,4 м и высоту 0,2 м с основанием, равным ширине земляного полотна. Между осями I и II пути двухпутной железной дороги расстояние составляет 4,1 м. Основным нормативным документом, который регламентирует параметры и свойства земляного полотна железных дорог, на данный момент является Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.03-163-2009 (02250) «Железные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования» [14].

В состав земляного полотна входят также система поверхностного водоотвода (лотки, кюветы, канавы) и различного типа специальные удерживающие и поддержива-

ющие защитные геотехнические устройства и конструкции, предназначенные для защиты сооружения от опасных геологических процессов (оползней, эрозии и т. д.) [16].

Результаты и их обсуждение

Направленное воздействие на земную поверхность начинается уже на первых этапах строительных работ. Во время сооружения насыпей, выемок и земляного полотна природные формы рельефа значительно видоизменяются или исчезают (засыпаются овражно-балочные системы, возвышенные формы прорезаются или выколаживаются). Происходит нарушение естественного залегания и перемещение значительных объемов природных и техногенных грунтов – как местных, так и привозных.

Одним из примеров такой трансформации рельефа может служить насыпь, сооруженная при строительстве автомобильной дороги Р105 севернее д. Бобрик Пинского р-на Брестской обл. Здесь сооружена насыпь высотой до 4 м, что значительно изменило общий выположенный характер пойменной террасы.

По данным Н. Ф. Гречаника [7], при дорожном строительстве полностью исчез камовый холм в устьевой части р. Осиповки у д. Петровичи Жабинковского р-на Брестской обл., также значительной трансформации подверглись эоловые холмы и гряды правобережья р. Мухавец вдоль автомагистрали М1.

Во время эксплуатации дорог на земляное полотно и дорожные покрытия оказываются динамические нагрузки, производимые движением автомобильного или железнодорожного транспорта. Несмотря на то что при строительстве дорог обязательно применяются геотехнические решения, направленные на предотвращение развития негативных процессов вдоль них, воздействие техногенных агентов предопределяет развитие ряда неблагоприятных геологических процессов (эрозия, обвально-оползневые и просадочные явления) и ведет к разрушению дорожных покрытий, земляного полотна, а в итоге – к выходу из строя отдельных участков транспортных магистралей.

Таким образом, автомобильные и железные дороги представляют собой зоны потенциального риска проявления природно-антропогенных опасностей. В связи с этим А. Н. Галкин [10] обосновал целесообразность проведения инженерно-геологического мониторинга транспортно-коммуникационных литотехнических систем с целью обеспечения управления ими и предупреждения развития геологических опасностей вдоль дорог, построения наиболее оптимальных стратегий природопользования на всех этапах строительства и эксплуатации дорог.

В результате дорожного строительства происходит перемещение огромных масс грунтов, что в значительной степени и предопределяет возникновение техноморф. Чтобы количественно охарактеризовать этот процесс, мы использовали два показателя – суммарный объем перемещенного материала и коэффициент трансформации земной поверхности, выраженные в $\text{м}^3/\text{км}^2$ и $\text{м}^3/\text{км}^2/\text{год}$ соответственно. Расчет этих показателей проводился с учетом того, что на территории изученного региона автомобильные и железные дороги имеют разные классы.

Так, наиболее крупная автомобильная дорога М1 является продолжением европейской магистрали Е30, пересекает территорию с юго-запада на северо-восток, начинаясь восточнее г. Брест, и выходит за ее пределы северо-восточнее г. Ивацевичи. Дороги другого класса, но с усовершенствованным покрытием представлены практически повсеместно. Они соединяют между собой областной и районные центры и обеспечивают сообщение с городскими населенными пунктами за пределами Беларуси. Однако наиболее распространены дороги с наличием грунтового покрытия и без него, которые соединяют города и сельские населенные пункты, а также обеспечивают дорожное сообщение между ними. На локальных участках (севернее г. Пружаны, между городами Ивацевичи и Ганцевичи, в районе вдрп. Локтыши, южнее г. Пинска, восточнее г. Сто-

лина, западнее г. Малориты и др.) дорожная сеть развита слабо, что обусловлено природными особенностями территории и характером землепользования (широкое распространение болот, расположение крупных участков мелиорированных и сельскохозяйственных земель).

С учетом распространения перечисленных классов дорог и данных таблицы была построена схема объемов перемещенных грунтов (рисунок 3), по которой можно судить о степени трансформации земной поверхности юго-запада Беларуси. Из анализа этой схемы можно сделать вывод, что распределение значений объемов перемещенных грунтов неравномерное. Среднее значение показателя, характеризующего этот процесс, составляет $2\,797\text{ м}^3/\text{км}^2$, что соответствует слою на земной поверхности, равному 2,8 мм. Максимальные значения объемов перемещенного материала наблюдаются в местах пересечения крупных дорог различных направлений. Например, в районе городов Пружаны и Высокое объем перемещенных грунтов достигает $7\,000\text{--}8\,000\text{ м}^3/\text{км}^2$ (на отдельных участках до $9\,339\text{ м}^3/\text{км}^2$); несколько меньшие значения характерны для окрестностей городов Брест, Кобрин, Ганцевичи, южной части Пинского р-на Брестской обл. – до $5\,000\text{--}6\,000\text{ м}^3/\text{км}^2$. На нескольких локальных участках автомобильные дороги развиты слабо, значения объемов перемещенных грунтов здесь не превышают $1\,000\text{ м}^3/\text{км}^2$ (юго-восточнее г. Лунинец и севернее г. Ивацевичи). И, наконец, практически отсутствуют перемещенные грунты только в одном месте – на территории Кобринского и Дрогичинского р-нов в пределах ландшафтного заказника «Званец». Вокруг заказника широко развита мелиоративная сеть с большим количеством водохранилищ и крупными каналами-водосборниками – Ореховским и Белоозерским. Дорожная сеть здесь представлена в основном грунтовыми дорогами без покрытия.

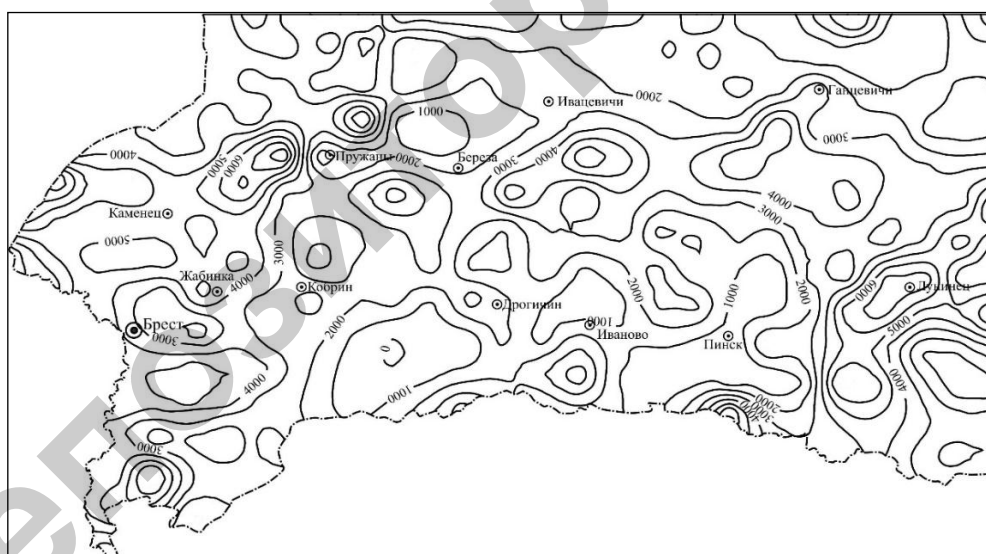


Рисунок 2. – Объемы перемещенных грунтов по территории юго-запада Беларуси в результате строительства автомобильных дорог, $\text{м}^3/\text{км}^2$

Учитывая, что основное техногенное воздействие на земную поверхность в процессе строительства автомобильных дорог началось в 50-х гг. XX в., можно рассчитать интенсивность трансформации земной поверхности. Так, среднее значение этого показателя составило $41,1\text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$, что равно слою пород мощностью 0,04 мм/год. Если учесть, что средняя величина природной денудации для территории Восточно-Европейской платформы не превышает $0,005\text{--}0,025\text{ мм/год}$ [17], можно сделать вывод, что

темпы трансформации земной поверхности в процессе строительства автомобильных дорог превышают действие всех природных геоморфологических агентов в 1,6–8 раз.

В отличие от автомобильных дорог железнодорожная сеть юго-запада Беларуси представлена всего несколькими линиями, которые обеспечивают сообщение районных центров Брестской области с областным центром, а также с другими городами Беларуси и ближнего зарубежья. Средний показатель объема перемещенных пород в зонах железнодорожного строительства равен $412 \text{ м}^3/\text{км}^2$, что соответствует слою на земной поверхности, равному 0,41 мм. Максимальные значения редко превышают отметку в $1\,000 \text{ м}^3/\text{км}^2$, однако на локальных участках этот показатель достигает $3\,418 \text{ м}^3/\text{км}^2$. Максимальная трансформация земной поверхности в результате строительства железных дорог характерна для мест расположения крупных узловых станций (города Брест, Лунинец, Жабинка). Территориальное распределение железных дорог и их протяженность позволяют получить следующие значения интенсивности трансформации земной поверхности региона: среднее значение коэффициента составляет $2,7 \text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$, что равно слою пород мощностью 0,0027 мм/год. Таким образом, темпы трансформации земной поверхности на участках пролегания железнодорожных путей превышают суммарное действие природных процессов в 0,1–0,5 раза.

Заключение

1. В процессе строительства автомобильных и железных дорог в западной части территории Белорусского Полесья происходит значительная трансформация рельефа. Она проявляется в возникновении новых форм рельефа – дорожных техноморф, а также в изменении или исчезновении природных форм. Трансформация земной поверхности происходит как на этапе строительства, так и в процессе эксплуатации дорог.

2. Дороги, которые представляют собой сложные техно-природные инженерно-геологические системы (литотехнические системы), являются зонами потенциального риска развития неблагоприятных геологических процессов. В результате воздействия экзогенных и техногенных агентов на земляное полотно и дорожные покрытия развиваются эрозионные процессы, обвально-оползневые и просадочные явления, что приводит к разрушению дорожных покрытий, земляного полотна и к выходу из строя отдельных участков дорог.

3. С использованием показателей суммарных объемов техногенно-перемещенных пород и интенсивности трансформации земной поверхности, выраженных в $\text{м}^3/\text{км}^2$ и $\text{м}^3/\text{км}^2/\text{год}$ соответственно, рассчитаны средние значения объема перемещенных пород для автомобильных и железных дорог, составившие 2 797 и $412 \text{ м}^3/\text{км}^2$ соответственно. Средние показатели коэффициента интенсивности трансформации земной поверхности для автомобильных дорог составили $41,1 \text{ м}^3/\text{км}^2/\text{год}$, а для железных – 2,7.

4. Темпы преобразования рельефа в процессе дорожного строительства за последние 150 лет значительно превысили суммарное действие всех природных процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильные дороги : справ. изд. / Я. Н. Ковалев [и др.] ; под науч.-техн. ред. В. Н. Яромко. – Минск : Арт Дизайн, 2006. – 352 с.
2. Брестское отделение Белорусской железной дороги. История [Электронный ресурс] // Белорусская железная дорога. – Режим доступа: https://brest.rw.by/about_us/history_of_department/. – Дата доступа: 04.10.2018.
3. Матвеев, А. В. История формирования рельефа Белоруссии / А. В. Матвеев ; под ред. О. Ф. Якушко. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 144 с.

4. Матвеев, А. В. Классификация природных и природно-антропогенных опасностей литосферного класса / А. В. Матвеев // *Літасфера*. – 2017. – № 1 (46). – С. 98–106.
5. Матвеев, А. В. Основные факторы проявления опасных природных и природно-антропогенных процессов литосферного класса на территории Беларуси / А. В. Матвеев, В. П. Зерницкая, Л. А. Нечипоренко // *Вестн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі*. – 2018. – № 1. – С. 78–87.
6. Савчик, С. Ф. Антропогенный морфогенез на территории Беларуси : автореф. ... дис. канд. геогр. наук : 22.00.25 / С. Ф. Савчик. – Минск, 2002. – 21 с.
7. Гречаник, Н. Ф. Рельеф территории Подляско-Брестской впадины / Н. Ф. Гречаник, А. В. Матвеев, М. А. Богдасаров ; под ред. А. В. Матвеева. – Брест : БрГУ им. А. С. Пушкина, 2013. – 154 с.
8. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. 2. : Инженерная геодинамика Беларуси / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – 2017. – 452 с.
9. Галкин, А. Н. Литотехнические системы Белоруссии: закономерности функционирования, мониторинг и инженерно-геологическое обоснование управления : автореф. ... дис. д-ра геол.-минерал. наук : 25.00.08 / А. Н. Галкин. – М., 2014. – 37 с.
10. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин [и др.] ; под ред. В. А. Королева. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2016–2018. – Ч. : 3. Региональная инженерная геология / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев ; под ред. В. А. Королева. – 2018. – 184 с.
11. Нацыянальны атлас Беларусі / скл. і падрыхт. да друку РУП «Белкартаграфія» ў 2000–2002 гг. – [Маштабы розныя]. – Мінск : Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
12. Брестская область. Общегеографический атлас / сост. и подгот. к печ. РУП «Белкартография» в 2003 г. – Обновлен и дополнен в 2013 г. – [Масштабы разные]. – Минск : Белкартография, 2013. – 48 с.
13. Автомобильные дороги Беларуси : энциклопедия / под общ. ред. А. В. Минина. – Минск : БелЭн, 2002. – 672 с.
14. Железные дороги. Земляное полотно. Правила проектирования = Чыгункі. Земляное палатно. Правілы праектавання : ТКП 45-3.03-163-2009 (02250). – Введ. 07.12.09. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. – 99 с.
15. Автомобильные дороги. Нормы проектирования = Аўтамабільныя дарогі. Нормы праектавання : ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). – Введ. 26.01.06. – Минск : Минстройархитектуры, 2006. – 47 с.
16. Леонович, И. И. Водно-тепловой режим земляного полотна автомобильных дорог / И. И. Леонович, Н. П. Вырко. – Минск : БНТУ, 2015. – 285 с.
17. Эрозионные процессы (географическая наука практике) / М. Ю. Белоцерковский [и др.] ; под ред. Н. И. Маккавеева, Р. С. Чалова. – М. : Мысль, 1984. – 256 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 07.12.2019

Kukharik Ye. A. Transformation of the Relief of the Western Part of the Territory of the Belarusian Polesie as a Result of Road Construction

Brief information on the history of the development of the road network of the studied region, as well as the study of issues of anthropogenic transformation of landscapes are given. The design features of the roadbed constructed during the construction of different types of roads are considered, the parameters of technomorphs are determined. An assessment of the relief variability of the south-west of Belarus using indicators of the volumes of technologically-displaced soils is given. The results of studies have shown that a more significant transformation of the relief occurs during the construction of highways. This is due to their much greater length compared with the railways. The average volumes of displaced rocks for roads and railways were 2797 and 412 m³/km², respectively. The intensity of anthropogenic morphogenesis was calculated: the average intensity coefficient was 41.1 and 2.7 m³/km²/year for highways and railways, respectively. It is also shown that the pace of transformation of the relief in the process of road construction over the past 150 years has significantly exceeded the total effect of all natural processes.