

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКЗОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ
(НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, БЕЛАРУСЬ)**

Гусев А. П., Федорский М. С., Калейчик П. А., Шаврин И. А.

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Гомель, Республика Беларусь
E-mail: andi_gusev@mail.ru*

Работа посвящена изучению экзогенных геологических процессов в техногенно преобразованной геосистеме – пойме реки Сож в пределах г. Гомеля. Выполнен анализ динамики формирования массивов техногенных грунтов и преобразования рельефа. В течение 1985-2016 гг. был создан техногенный комплекс – городской микрорайон на техногенных грунтах. Выполнено картирование и экологическая оценка современных геологических процессов. В ходе исследований зафиксированы такие процессы, как подтопление территории, водная эрозия, суффозия, засоление почвогрунтов, эоловые и гравитационные процессы. Максимальное проявление геологических процессов наблюдается в экотоне между природными геосистемами – морено-зандровой равниной и поймой.

Ключевые слова: геологические процессы, динамика, техногенное преобразование, грунты, пойма.

ВВЕДЕНИЕ

Геологические процессы – это важный фактор, влияющий на жизнедеятельность людей, на состояние окружающей среды, на биосферу в целом. Технический прогресс приводит к постоянному усложнению технических систем, росту их энергонасыщенности и соответственно увеличению возможного ущерба при авариях, вызванных геологическими процессами [1, 2]. В урбанизированном ландшафте экзогенные геологические процессы играют важную роль как фактор, влияющий на геоэкологическую ситуацию. Активно протекающие геологические процессы могут вызывать повреждение коммуникаций, дорожных покрытий, каналов, влиять на миграцию загрязняющих веществ на земной поверхности, увеличивать риск аварий технических систем и т.д. Подавляющее большинство экзогенных геологических процессов относится к категории «неблагоприятных», т.е. не представляющих непосредственной угрозы жизни и здоровью городского населения, но осложняющих функционирование природно-технических урбогеосистем.

Различают природно-техногенные геологические процессы – это природные процессы, которые количественно и качественно трансформированы деятельностью человека, и техногенные геологические процессы – вызваны непосредственно деятельностью человека. Котлов В.Ф. (1974) предложил выделять несколько групп техногенных геологических процессов: антропогенный литогенез; геотермические процессы и явления; гидролитогенные процессы и явления (вызванные техногенным изменением подземной гидросферы); процессы и явления, вызванные изменением напряженного состояния массива грунтов и горных пород; гидрогенные процессы и явления (вызванные техногенным изменением поверхностной гидросферы) [3].

С одной стороны, природно-техногенные и техногенные геологические процессы являются реакцией геологической среды на техногенную нагрузку, а с другой стороны, становятся важным фактором, негативно влияющим на здания и сооружения, транспортные коммуникации, санитарное состояние помещений и т.д., т.е. на качества окружающей человека среды [4,5].

В рамках экологической геологии активно развивается целое направление, которое изучает эндогенные и экзогенные геологические процессы как фактор, влияющий на экологическое состояние окружающей среды – экологическая геодинамика [6].

Цель наших исследований – исследование экзодинамических геологических процессов, протекающих в пределах техногенного комплекса «Мельников Луг» (г. Гомель).

Решаемые задачи: изучение истории формирования техногенного комплекса и преобразования пойменной геосистемы; картографирование и мониторинг геологических процессов на ключевых участках; анализ и экологическая оценка геологических процессов и явлений в микрорайоне города, построенном на техногенных грунтах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследований находится на юго-востоке Беларуси (восточная окраина города Гомеля). Климатические особенности района исследований: средняя температура самого холодного месяца (январь) – -7°C ; средняя температура самого теплого месяца (июль) – $+18,5^{\circ}\text{C}$; годовая сумма температур выше 10° – более 2500 градусов; годовое количество осадков – около 600 мм. По гидротермическим показателям территория относится к широколиственно-лесным ландшафтам.

Объект исследований – массив техногенных грунтов «Мельников Луг» в пойме реки Сож, созданный в целях городского строительства в 1980–1990-х гг. В пределах данного объекта выделены:

участок I – массив жилой застройки на техногенных грунтах мощностью 4–6 м, захоронивших пойменную геосистему (62,5% от общей площади);

участок II – комплекс искусственных озер и прилегающие к ним территории (30,0% от общей площади);

участок III – переходная зона между городской застройкой на естественных грунтах (моренно-зандровая равнина) и массивом застройки на техногенных грунтах (7,5% от общей площади).

В геологическом строении верхней части (до 10 м) геологической среды принимают участие 2 генетико-возрастных типа отложений:

техногенные отложения голоценового горизонта;

аллювиальные отложения пойм голоценового горизонта.

Техногенные отложения представлены:

намывными песками средней крупности (мощность – до 6 м);

строительным мусором (мощность – до 1 м);

насыпными супесчано-песчаными породами с гравием и щебнем (мощность – до 2 м).

Намывной песок имеет коэффициент пористости 0,66–0,69; коэффициент фильтрации – 2,3–2,5 м/сутки.; естественная влажность – 1,5–2,7%.

Аллювиальные отложения поймы реки Сож представлены торфом, суглинками заторфованными, песками средней крупности, песками мелкими, песками пылеватыми, супесями и суглинками.

Изучение геологических процессов выполнялось маршрутным методом. При картографировании процессов подтопления и заболачивания использовалась фитоиндикация по растительным сообществам [7]. При изучении процесса засоления почвогрунтов – резистивиметрия (определение удельного электрического сопротивления) водных вытяжек.

Для составления карт земель на двух временных срезах (1985 и 2016) использовались данные космического сканирования (Landsat 4-5, 8) и материалы Google Earth, результаты полевых исследований. Для привязки и оцифровки растров использовалась Quantum GIS 2.18.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

До начала техногенного преобразования район исследований представлял собой пойменную геосистему с плоским рельефом (абсолютные отметки – 118–120 м). Растительный покров был сформирован луговой и кустарниковой растительностью. Значительная часть территории была заболочена. Хозяйственное использование – сенокосение и пастьба скота. В 1980-х гг. формируются массивы техногенных грунтов, производится выемка торфа, вырываются котлованы для водоемов и дренажные каналы [8,9]. Значительную часть территории занимает массив намывных песков, созданные в целях городского строительства.

В середине 1980-х гг. структура земель на участках I и II характеризовалась преобладанием песчаных пустырей, лишенных растительности. На участке III техногенные преобразования были связаны со строительством железной дороги, а большую часть территории занимали болота. В настоящее время участок I почти полностью застроен, а водоемы и болота засыпаны. Участок II – преимущественно представляет собой рекреационную зону, в которой значительную площадь занимают искусственные водоемы (31,4%), луга и кустарники (23,5%). На участке III преобладают луга и кустарники (38,9%), пустыри (31,0%) и болота (18,1%). Причем, вторичное заболачивание развивается в пределах массива техногенных песков [8,9].

Морфолитогенная основа пойменного ландшафта подверглась техногенным преобразованиям: в настоящее время практически вся территории представляет собой техногенные формы рельефа (таблица 1). После техногенного преобразования высотные отметки на большей части площади участка I составляют 122–124 м (максимальные – 124–125 м; минимальные в районе дренажной канавы – 119–121 м). На участке II преобладают высоты 119–122 м (максимальные – 124–126 м на северо-восточной окраине; минимальные – 118–119 на урете воды в водоемах). На

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКЗОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, БЕЛАРУСЬ)**

участке III высотные отметки находятся в пределах от 119–120 до 123–124 м. Положительные формы техногенного рельефа в зависимости от участка занимают 59,2–100% территории. Наряду с положительными формами рельефа в ходе строительства возникли отрицательные – котлованы прудов, каналы. Отрицательные формы рельефа занимают площади существенно меньшие – от 0 до 31,3% (таблица 1).

Таблица 1.
Динамика техногенного преобразования объекта «Мельников Луг»

Показатель	Участки					
	I		II		III	
	1985	2016	1985	2016	1985	2016
Техногенные формы рельефа, % от общей площади, из них	73,2	100,0	62,7	90,6	21,3	100,0
Положительные	70,2	100,0	38,6	59,2	21,3	98,2
Отрицательные	3,0	0,0	24,1	31,4	0,0	1,8
Мощность техногенных отложений, м	0–5	2–6	0–5	2–6	0–2	1–4
Площадь техногенных отложений, %	73,2	100,0	38,6	59,2	21,3	98,2

Как показал анализ картографического материала и аэрофотоснимков до техногенного преобразования в пойменном ландшафте из геологических процессов имело место только заболачивание, а по краю моренно-зандровой равнины развивалось оврагообразование. После создания массива намывных песков и начала строительства коммуникаций появляются эоловые процессы и антропогенный литогенез [8,9].

В ходе полевых работ в 2015-2018 гг. были зафиксированы следующие экзогенные геологические процессы: водная эрозия (линейная, плоскостная); гравитационные процессы (крип, оползни); подтопление и заболачивание; засоление почвогрунтов; эоловые процессы (дефляция); суффозия, суффозионные провалы; антропогенный литогенез.

Водная эрозия (образование промоин) активно протекала на участке III, который представляет собой переход от моренно-зандровой равнины к притеррасной пойме. В течение исторического периода водная эрозия на склоне, сформированном водноледниковыми и моренными отложениями, привела к образованию оврагов. В настоящее время водная эрозия развивается в пределах всех трех участков: преимущественно на склонах насыпей автомобильных дорог, где можно наблюдать образование промоин до 5–15 м длиной и до 1–2 м шириной. На насыпях с незадерновыми склонами отмечена также плоскостная эрозия.

Гравитационные процессы в виде крипа и осыпания характерны для склонов моренно-зандровой равнины (на участках, лишенных растительности). Отмечены единично на границе участка III.

Заболачивание развивалось в пределах рассматриваемого участка бывшей поймы почти повсеместно. Длительное время шло торфонакопление. Так, на картах 1980-х гг. отмечены торфоразработки в центре участка I. Прослой торфа (до 10 см) вскрыты шурфами и скважинами в районе озера Малого, вблизи протоки Волотова. В современное время на участке I процессы заболачивания и подтопления отсутствуют, поскольку произошло увеличение высотных отметок рельефа на 2-6 м. Выходы подземных вод в виде родников в притеррасной пойме подпитывают болото на участке III, где идут современные процессы торфонакопления. На участке II (в районе искусственного озера) наблюдается процесс вторичного заболачивания (фиксируется по зарослям тростника обыкновенного).

Подтопление во время паводков характерно для участков II и III. Этот процесс возникает в результате снеготаяния и стока с прилегающих территорий в весенний период, которые обуславливают подъем уровня грунтовых вод к земной поверхности, увеличение площади озер и т.д. Подтопление при паводках характеризуется загрязнением и повышением агрессивности поверхностных и грунтовых вод.

Осушение заболоченных земель происходило параллельно с формированием массива техногенных грунтов. Искусственная дренажная сеть в виде канав характерна для участков I и III. Снижение уровня грунтовых вод в зоне влияния канав составляет 1,5-3 м. Маловодные в летнее время канавы подвержены процессу эвтрофикации.

На изучаемой территории присутствует достаточно редкий для влажного климата процесс – засоление почвогрунтов. Обнаруженное засоление почвогрунтов локализуется в районе автомобильного моста через железную дорогу по улице Хатаевича. Здесь в 1990-2000-х гг. располагался склад песка, который использовался для изготовления песчано-солевых смесей для борьбы с гололедом. Так, резистивиметрия водных вытяжек почвогрунтов показала снижение электрического сопротивления в 10-50 раз по сравнению с фоновыми значениями, что соответственно обусловлено ростом общей минерализации. Химический анализ вытяжек почвогрунтов показал, что при фоновых значениях минерализации 0,1-0,5 г/дм³, здесь наблюдались значения 0,8-2,5 г/дм³.

Эоловые процессы (дефляция) вначале стали развиваться на техногенных песках в пределах участков I и II в 1980-е гг. В это время поверхность песков была еще полностью лишена растительного покрова. По мере зарастания песков травяной (булавоносец седой, вейник наземный, цмин песчаный и др.) и кустарниковой (ивы, облепиха) растительностью и расширения застройки интенсивность эоловых процессов снижалась. В настоящее время эоловые процессы проявляются локально на стройплощадках участка I и песчаных пустырях участка III.

Суффозия получила развитие по мере застройки массива техногенных грунтов. В настоящее время суффозионные провалы локально отмечаются на заасфальтированных пешеходных дорожках в пределах участка I.

Антропогенный литогенез включает в себя как создание массивов техногенных грунтов (практически повсеместно), так и отложение пролювия в местах стока из оврагов (участок III), отложение осадков на дне искусственных водоемов (участок II).

Для изучения экзогенных геологических процессов на участке I проводился мониторинг состояния склона намывного массива и асфальтового покрытия пешеходной дорожки в районе улицы Восточный обход г. Гомеля. В пределах изучаемого объекта имеют место проявление водноэрозийных и суффозионных процессов. Развитие водной эрозии определяется значительный уклоном поверхности (30–45 градусов) и слабым развитием растительного покрова; суффозионных провалов – особенностями механического состава грунтов (пески) и нарушением поверхностного стока (запечатанность поверхности песчаного массива сплошным асфальтовым покрытием).

Ежегодно в весеннее время промоины на склоне и провалы асфальта на пешеходной дорожке заделываются дорожно-ремонтной службой. В течение нескольких месяцев поверхностный сток приводит к развитию сначала струйчатых размывов, а после промоин разной величины на склоне, а также к проявлению суффозионных процессов под асфальтовым покрытием. В результате к августу склоны намывного массива покрываются промоинами, которые имеют среднюю длину 11,1 метра (максимальную до 30–40 м). Ширина промоин составляет от нескольких десятков сантиметров до 2-5 м, глубина – до 3 м. Средняя плотность – от 8,8 (в 2016 г.) до 18,1 (в 2018 г.) промоины на километр маршрута. Суффозионные процессы вызывают провалы асфальта от 2 до 6 штук, общей площадью от 8 до 50 м². Глубина провалов – до 1 м.

Проведенный нами мониторинг линейной эрозии на склонах намывного массива течение 3 сезонов (в 2016, 2017 и 2018 гг.) показывает, что ее интенсивность не снижается со временем, а наоборот увеличивается. Так, в 2016 г. было зафиксировано 18 промоин, в 2017 г. – 37 промоин, в 2018 г. – 37 промоин. При этом дорожно-ремонтная служба по меньшей мере 1–2 раза в год все промоины на склоне и провалы асфальта засыпала.

Предполагается, что основная причина непрекращающейся водной эрозии – слабое развитие растительного покрова. Создание сомкнутого растительного покрова из многолетних луговых трав или древесно-кустарниковых зарослей задержит развитие эрозийных процессов, позволит снизить интенсивность линейной эрозии и соответственно уменьшить экономические затраты на периодическое восстановление размытого склона.

Была выполнена оценка пораженности территории изучаемого объекта экзогенными геологическими процессами, результаты которой приведены в таблице 2. Видно, что пораженность участков I и II относительно невелика – менее 20%. На участке III экзогенные геологические процессы затрагивают более половины территории.

Опасность конкретного геологического процесса обусловлена его инженерно-геологическими и экологическими последствиями. В таблице 2 указаны наиболее вероятные для района исследований экологические последствия геологических

процессов. Видно, что геологические процессы могут иметь разнообразные негативные эффекты: нарушение устойчивости фундаментов зданий, разрушение почвенного покрова, полотна автомобильных дорог, эвтрофикация прудов и каналов, накопление токсичных солей в почвах, загрязнение воздуха пылью.

Таблица 2.

Пораженность территории объекта «Мельников Луг» геологическими процессами (в % от общей площади участка) и их экологические последствия

Процесс	Участки			Инженерно-геологические и экологические последствия
	I	II	III	
Водная эрозия	1,8	3,6	1,5	Нарушение устойчивости фундаментов зданий и сооружений, разрушение почвенного покрова
Гравитационные процессы	0,1	0	5,9	Повреждение полотна автомобильных дорог
Подтопление и заболачивание	0	12,3	27,7	Деформация оснований и фундаментов сооружений, нарушение функционирования наземных и подземных коммуникаций, ухудшение санитарного состояния помещений
Осушение, понижение грунтовых вод	4,5	0	0	Снижение водности и эвтрофикация прудов и каналов
Засоление	0	0	4,1	Накопление токсичных солей в почвогрунтах
Эоловые процессы	2,1	0	13,5	Загрязнение воздушного бассейна пылью, рост запыленности воздуха
Суффозия, суффозионные процессы	0,4	0	0	Повреждение полотна автомобильных и пешеходных дорог
Общая пораженность, %	8,7	15,9	52,6	

Так, например, потенциальными экологическими последствиями подтопления и заболачивания являются деформации оснований и фундаментов зданий, нарушение

функционирования наземных и подземных коммуникаций, ухудшение санитарного состояния помещений, негативные последствия суффозионных процессов – повреждение полотна дорог, провалы асфальта, расходы на ремонт и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты исследований показывают, что техногенным преобразованиям пойменной геосистемы сопутствует изменение спектра экзодинамических процессов и явлений. Создание техногенного массива намывных песков привело к появлению эоловых процессов; преобразование дренажной сети – к подтоплению и заболачиванию; функционирование городской инфраструктуры – к засолению почвогрунтов; изменение поверхностного стока и использование сыпучих техногенных грунтов – к суффозии. По мере роста техногенной трансформации пойменной геосистемы возрастает разнообразие экзогенных геологических процессов.

Активизация экзогенных геологических процессов, в свою очередь, обуславливает нарушения функционирования технических систем (повреждение полотна дорог, деформацию фундаментов зданий), вызывает ухудшение экологической обстановки в микрорайоне (рост запыленности воздуха, эвтрофикация водоемов).

При этом максимальное проявление экзогеодинамических процессов отмечается на участке III, представляющем собой переходную зону между городской застройкой на естественных грунтах и массивом застройки на техногенных грунтах, а также в переходной зоне между массивом застройки на техногенных грунтах (участок I) и поймой. В этих экотонных зонах увеличивается риск ущерба сооружениям и коммуникациям, что следует учитывать при планировании дальнейшего городского строительства.

Список литературы

1. Дзекцер Е.С. Геологическая опасность и риск // Инженерная геология. 1992. № 6. С. 3–10.
2. Шеко А.И., Круподеров В.С. Оценка опасности и риска экзогенных геологических процессов // Геоэкология. 1994. №3. С. 11–21.
3. Котлов Ф.В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. М.: Наука, 1977. 165 с.
4. Заиканов В.Г., Минакова Т.Б. Геоэкологическая оценка территорий. М.: Наука, 2005. 319 с.
5. Горшков С.П. Экзогеодинамические процессы освоенных территорий. М.: Недра, 1982. 287 с.
6. Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. М.: Геоинформмарк, 2002. 415 с.
7. Гусев А.П. Фитоиндикаторы инженерно-геологических процессов на территории города // Природные ресурсы. 2006. №3. С. 33–40.
8. Гусев А.П., Андрушко С.В. Ландшафтно-экологический анализ антропогенной динамики геосистем модельного района Волотова (Гомель) // Природные ресурсы. 2010. №1. С. 65–72.
9. Гусев А.П., Андрушко С.В. Геоэкологический анализ антропогенной эволюции геосистем (на примере города Гомеля) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2012. №9 (128). С. 173–179.

**FEATURES OF EXOGEODYNAMIC PROCESSES ON TECHNOGENIC
COMPLEXES (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF GOMEL, BELARUS)**

Gusev A.P., Fedorsky M.S., Kaleichik P.A., Shavrin I.A.

*Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Belarus
E-mail: gusev@gsu.by*

Article is devoted studying exogenous geological processes in technogenic-transformed geosystems (floodplain, Gomel). Research objectives: study of the history of the formation of the technogenic complex and transformation of the floodplain geosystem; mapping and monitoring of geological processes at key sites; analysis and environmental assessment of geological processes in the microdistrict of the city, built on man-made grounds. The analysis of time dynamics of formation of complex technogenic grounds and relief transformations is made. During 1985–2016 the technogenic complex – city microdistrict on technogenic grounds was formed. Studies were conducted at 3 sites. Technogenic landforms occupy 90–100% of the area (at site I – 100%, at site II – 90.6%, at site III – 100%). Positive technogenic relief forms prevail (59,2–100%). There are negative forms of technogenic relief - pits, channels (up to 31,4%). The capacity of technogenic grounds is 2-6 m. Authors have spent mapping and an ecological estimation of modern geological processes. Are fixed: flooding of lands, water erosion, suffosion, salinization of soils and grounds, aeolian and gravitational processes. Water erosion develops on the slopes of road embankments (observed in all sites). ravitational processes (creep and shedding) are characteristic of the slopes of the moraine-and-zander plain (site III). Flooding of lands is observed at sites II and III (the vicinity of an artificial reservoir). In the zone of influence of the trenches, the level of groundwater decreases. Soil and ground salinization was found in the storage area of the sand-salt mixture (site III). Aeolian processes occur locally at construction sites and sandy wastelands (sites I and III). Suffosion is observed within the limits of building on technogenic grounds. Negative consequences of geological processes: disturbance of the stability of foundations of buildings, destruction of soil, destruction of roads, eutrophication of ponds and canals, accumulation of toxic salts in soils, air pollution with dust. It has been established that the growth of the technogenic transformation of floodplain geosystems causes an increase in the diversity of geological processes. The maximum display of geological processes is observed on ecotone of natural geosystems – moraine-zandr watershed and floodplain.

Keywords: geological processes, dynamic, technogenic transformation, ground, floodplain.

References

1. Dzektser E.S. Geologicheskaja opasnost' i risk (Geological hazard and risk). Inzhenernaja geologija, 1992, no 6, pp. 3–10 (in Russian).
2. Sheko A.I., Krupoderov V.S. Ocenka opasnosti i riska jekzogenykh geologicheskikh processov (Hazard and risk assessment of exogenous geological processes). Geojekologija, 1994, no 3, pp. 11–21 (in Russian).
3. Kotlov F.V. Antropogennye geologicheskie processy i javlenija na territorii goroda (Anthropogenic geological processes and phenomena in the city). Moskow: Nauka (Publ.), 1977, 165 p. (in Russian).

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКЗОГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
ТЕХНОГЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ГОМЕЛЯ, БЕЛАРУСЬ)**

4. Zaikanov V.G., Minakova T.B. Geojekologicheskaja ocenka territorij (Geoecological assessment of territories). Moscow: Nauka (Publ.), 2005, 319 p. (in Russian).
5. Gorshkov S.P. Jekzogeodinamicheskie processy osvoennyh territorij (Exogeodynamic processes of developed territories). Moscow: Nauka (Publ.), 1982, 287 p. (in Russian).
6. Trofimov V.T., Ziling D.G. Jekologicheskaja geologija (Ecological geology). Moscow: Geoinformmark (Publ.), 2002. 415 p. (in Russian).
7. Gusev A.P. Fitoindikatory inzhenerno-geologicheskikh processov na territorii goroda (Phytoindicators of engineering and geological processes in the city). Prirodnye resursy, 2006, no 3, pp. 33–40 (in Russian).
8. Gusev A.P., Andrushko S.V. Landshaftno-jekologicheskij analiz antropogennoj dinamiki geosistem model'nogo rajona Volotova (Gomel) (Landscape-ecological analysis of the anthropogenic dynamics of the geosystems of the Volotov model area (Gomel)). Prirodnye resursy, 2010, no 1, pp. 65–72 (in Russian).
9. Gusev A.P., Andrushko S.V. Geojekologicheskij analiz antropogennoj jevoljucii geosistem (na primere goroda Gomelja) (Geoecological analysis of the anthropogenic evolution of geosystems (on the example of the city of Gomel)). Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki, 2012, no. 9 (128), pp. 173–179 (in Russian).