

ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ВИТЕБСКА: ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И ИХ МОНИТОРИНГ

А. Н. Галкин¹, Е. В. Стрельчень²

¹Витебский государственный университет имени П. М. Машерава

²Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 17 октября 2016 г.

Аннотация: охарактеризованы современные представления об овражно-балочных системах и подходах к их использованию в Витебске. На примере оврагов «Гапеевский» и «Дунай» рассмотрены особенности развития овражно-балочных систем города. Результаты исследований свидетельствуют о том, что за период с 1998 по 2014 гг. произошли довольно существенные изменения в развитии указанных систем, выраженные в засыпке отдельных их участков техногенными грунтами, застройке социально значимыми объектами, увеличении размеров эрозионных форм, накоплении пролювия, захламленности остатками древесно-кустарниковой растительности из-за активного проявления оползневых и суффозионных процессов. Предложена методика организации мониторинга овражно-балочных систем Витебска как объектов природно-техногенных опасностей.

Ключевые слова: овражно-балочные системы, развитие, мониторинг.

GULLIES AND RAVINES SYSTEMS OF VITEBSK: FEATURES OF DEVELOPMENT AND MONITORING

Abstract: characterized by modern notions of gullies and ravines systems and approaches to their use in Vitebsk. For example gullies "Gapeevsky" and "Dunay" describes the features of the development of gullies and ravines city systems. The research results indicate that for the period from 1998 to 2014, there have been substantial changes in the development of these systems, expressed in filling their individual plots anthropogenic soils, building socially important objects, increase the size of the forms of erosion, accumulation proluvium, litter remains of trees and shrubs due to the active manifestation of landslide and suffusion processes. A method of monitoring the organization of gullies and ravines systems Vitebsk as objects of natural and man-made hazards.

Key words: gullies and ravines systems, development, monitoring.

Введение

Овражно-балочные системы обычно рассматриваются как объекты, постоянно создающие трудности для развития городской инфраструктуры. Однако к этим системам в пределах городов и процессам происходящих в них нельзя относиться только с позиции их опасности. В оврагах и балках в городских условиях сохраняется естественная растительность, и они могут использоваться как рекреационные зоны. Овражно-балочные системы обеспечивают в зависимости от розы ветров вентиляцию городской территории и изменяют микроклимат в прилегающих к ним кварталах, являются естественными дренажными системами. Овражно-балочную сеть можно рассматривать как потенциальный резерв земель под строительство и создание транспортных артерий, культурных и социальных объектов в городах. Вместе с тем имеются негативные тенденции при освоении городских оврагов и балок. Они связаны с недостаточным учетом возможности образования и

развития новых и активизации старых оврагов, появления по их бортам отвершков и развития опасных склоновых и суффозионных процессов, причем это чаще всего связано с отсутствием научно-обоснованных рекомендаций по использованию овражно-балочных систем в городах. Таким образом, актуальность данной работы определена недостаточной изученностью условий и специфики развития эрозионных процессов как опасного явления в городах и соотношений между развитием населенных пунктов и существующими овражно-балочными системами.

Целью настоящей работы является установление особенностей развития овражно-балочных систем на территории Витебска. В соответствии с этим в статье решаются следующие задачи:

- 1) проанализировать современные представления об овражно-балочных системах и подходах к их использованию в городах;
- 2) охарактеризовать существующие в городе

Витебске овражно-балочные системы и проблемы, связанные с их функционированием;

3) на примере отдельных крупных эрозионных форм изучить особенности развития овражно-балочных систем города;

4) разработать методическую основу организации мониторинга овражно-балочных систем Витебска как объектов природно-техногенных опасностей.

Современные представления об овражно-балочных системах и подходах к их использованию в Витебске

Овраги и балки часто считаются неудобными экзогенными образованиями, создающими проблемы использования земель в городе. Их обычно рассматривают как объекты, постоянно создающие трудности в развитии городских территорий. С наличием их в населенных пунктах связывают и сокращение полезной площади земель, возникновение опасности разрушения объектов, коммуникаций в результате появления опасных экодинамических процессов [1, 2]. Подтверждением этому могут служить ситуации, сложившиеся в ряде городов Беларуси, имеющих хорошо развитую гидрографическую сеть [3]. Наличие балок и оврагов нередко способствует общему ухудшению в городах экологической обстановки. Нерациональное использование овражно-балочных систем или недооценка потенциала их роста приводит к тому, что в них активно развивается эрозия. В результате накопления мусора они становятся аккумуляторами различных загрязняющих веществ. Засыпка их мусором создает опасность попадания загрязняющих веществ в горизонты подземных вод, водоемы и реки. В связи с этим данные системы превращаются в мощные источники загрязнения водных объектов [2, 4, 5].

При освоении в городах водосборных территорий этих эрозионных форм рельефа возможны появление или активизация склоновых процессов и особенно эрозии [2, 6, 7]. Появление и активизация эрозионных процессов в балках и оврагах является часто следствием многоэтажной и уплотнительной застройки. Опасность возникновения негативных процессов – эрозии, оползней, оплывин, обрушений грунта – заметно возрастает на склонах овражных форм и при освоении этих систем. Однако, как показывает практика, причиной возникновения данных процессов часто являются неправильно проведенные планировочные, строительные, эксплуатационные, коммуникационные и другие работы. Степень техногенного влияния на эти системы различна в зависимости от создаваемой нагрузки, но всегда при этом наблюдается обратная связь: воздействие на овражно-балочные системы вызывает ответную реакцию, последствия которой не всегда могут быть прогнозируемыми [7, 8].

Экологическая обстановка в городах со сложным рельефом начала заметно ухудшаться с начала 60-х годов XX века. Одной из причин ее ухудшения является нерациональное использование овражно-балочных систем, отношение к ним, как к бросо-

вым землям [1]. Во многие из них в течение длительного времени осуществлялся сброс мусора, ливневых, а в ряде случаев бытовых и производственных стоков. Использовались эти «неудобные земли» для строительства гаражей, складов и других объектов, оказывающих негативное воздействие на состояние природной среды.

В связи с ухудшением экологической обстановки в городах правильный подход к использованию овражно-балочных систем, где они имеют значительное распространение, становится все более актуальным. При этом следует отметить, что, к сожалению, далеко не всегда выявляются потенциальные положительные функции этих природно-территориальных комплексов, возможности их использования в пределах городских территорий в более рациональном режиме. Не всегда учитывается положительный опыт их использования в прошлом, а в отдельных городах и в настоящее время. В значительной мере это относится и к Витебску.

Нерациональное использование овражно-балочных систем в городе Витебске следует относить к одной из причин ухудшения на его территории экологической обстановки [9]. Эти природные комплексы следует относить к наименее устойчивым, концентрирующим воздействия сопредельных с ними природных и природно-техногенных систем. Недостаточный учет воздействия этих систем на данные природно-территориальные комплексы ведет к появлению опасных экзогенных процессов, и, прежде всего, эрозии различного масштаба и скорости развития. Из негативных последствий этого воздействия существенны не только эрозия, но и загрязнение водных объектов. Балки и овраги города в настоящее время превратились в мощные очаги загрязнения почв, подземных и поверхностных вод [2, 9].

Антропогенное воздействие на овражно-балочные системы, расположенные на территории города, усиливается в результате изменений, происходящих в пределах их водосборов, в связи с продолжающейся застройкой сопредельных с этими природно-территориальными комплексами земель, вырубкой зеленых насаждений, проведением земляных работ, накоплением мусора и т.д. Отсутствие правильного отношения к овражно-балочным системам ведет не только к ухудшению экологической обстановки в городе, но и заметно снижает возможности улучшения социальных условий значительной части его населения.

Роль овражно-балочных систем в Витебске заметно менялась на протяжении многих веков. Использование этих природных комплексов на разных этапах развития города значительно отличалось. В первоначальный период его развития и позже на протяжении нескольких веков, многие из них входили в систему обороны города. Выходы подземных вод в балках использовали для питья и других нужд. На склонах многих из них выращивали сельскохозяйственные культуры или размещали сады. Позже многие балки и овраги, без существенного их обустройства, использовали для отдыха и

занятий спортом как в летний, так и в зимний период. Большая же часть балочных систем была залесена и закустарена, выполняя воспроизводственные функции. То есть, рассматриваемые природные комплексы выполняли определенные и весьма заметные социально-экологические функции.

Эти важные для города функции балки и овраги с конца 50-х гг. XX столетия начали заметно терять. Развитие частного сектора на прилегающих к ним территориях при расширении города и отсутствие стратегии сбора и утилизации мусора, привели к значительному их захламлению. Ситуация с захламлением усугубляется тем, что в последние десятилетия становится все более заметным преобладание в составе мусора токсичных веществ и искусственных, не подлежащих разложению материалов [2, 4].

С начала 1960-х гг. во многих оврагах и балках города заметно активизировались эрозионные процессы. Эти процессы с разной степенью проявления выражены во многих балках и оврагах и в настоящее время. Способствует этому уплотнительная застройка, заметно проявляющаяся в последнее десятилетие.

Одной из самых неблагоприятных тенденций последних десятилетий в использовании овражно-балочной сети города и примыкающих к ним территорий следует считать возведение гаражей. Так, например, строительство гаражных построек вблизи левого склона оврага «Дунай» по ул. Правды стало одной из причин возникновения в 2006 г. крупного оползня [7], чуть не приведшего к катастрофическим последствиям – создалась реальная угроза разрушению рядом стоящего 15-ти этажного жилого дома.

При правильном подходе к использованию овражно-балочных систем весьма заметны положительные последствия как в улучшении экологической обстановки в городах, так и в решении ряда социальных проблем, и прежде всего в создании культурных и социальных объектов [1]. Примером тому является сооружение Летнего амфитеатра и торгово-развлекательного комплекса «Марко-Сити» в устьевой части оврага «Гапеевский». Кроме того, при сохранении естественной растительности балки и овраги улучшают микроклимат прилегающих к ним кварталов. Из всех природных комплексов овражно-балочные системы более пригодны для создания ландшафтно-геохимических барьеров [5].

Общие сведения об овражно-балочных системах Витебска

Наличие значительного количества оврагов и балок – характерная особенность рельефа Витебска. В современных границах города количество линейных эрозионных форм составляет порядка 70, общая протяженность – более 17 км.

Их образование на территории города произошло задолго до освоения ее человеком. Происходило это, по всей видимости, после того как по Западной Двине заметно сократился отток талых ледниковых вод, и уровень воды в ней на участке глубокого вреза долины

существенно снизился [10]. В сохранявшихся в это время перигляциальных условиях, вследствие низких температур и отсутствия или слабого развития в результате этого растительности, поверхностные породы подвергались интенсивному размыву. При значительной глубине расчленения территории были вскрыты водоносные горизонты, появились в связи с этим постоянные водотоки разной длины и различными расходами воды. С появлением растительности, особенно древесной, обстановка стабилизировалась, активизация эрозии могла проявляться лишь в экстремальных условиях, например, при выпадении очень сильных ливневых дождей или интенсивного таяния снега.

Возникшая естественным путем овражно-балочная система претерпевала значительные изменения по мере развития города. Освоение и преобразование ее проходило с разной интенсивностью. Наибольшему изменению подвергались эрозионные формы рельефа, находящиеся вблизи центра города. Но не только такое расположение влияло на изменения их состояния. Они в большей мере подходили для освоения, особенно в нижней части, где днища балочных долин отличались значительной шириной и небольшими уклонами поверхности (например, Летний амфитеатр или комплекс «Марко-Сити»).

Большинство овражных форм находится в стадии молодости, активно действующие, имеют V-образный поперечный профиль с крутыми и обрывистыми бортами. Рост числа их особенно заметно проходил с начала 1960-х годов и был связан с теми же изменениями в застройке города, которые привели к развитию в овражно-балочных системах глубинной эрозии. Появлялись они на склонах в местах наибольшей концентрации поверхностных вод при отсутствии устройства водосборных сооружений или в случаях неправильного выбора их типа, нарушения технологии строительства и по другим причинам.

Образовавшиеся относительно недавно овраги с невыработанным профилем равновесия более активны. Среди них наиболее опасны для развития эрозии овражные формы, обладающие обширной площадью водосбора.

Эрозия способствует развитию склоновых процессов: образованию оползней, оплывин, обрушений склонов, активизации крипа. С увеличением дренирующей способности гидрографической сети в результате увеличения ее разветвления и углубления может быть связано развитие суффозии в пределах местных водосборов.

Наряду с появлением новых рытвин и промоин в овражно-балочных системах города отмечается и обратная тенденция – уменьшение их количества. Происходит это в результате засыпки их грунтом с целью последующего освоения выровненных таким образом территорий. Такие засыпанные грунтом отрицательные формы рельефа относят к неблагоприятным по своим инженерно-геологическим параметрам. Насыпной грунт погребенных участков овражно-балочных систем обладает значительной сжимаемостью под

влиянием динамических (транспорт) и статистических (здания, различные сооружения) нагрузок. Осадка сооружений на подобных грунтах протекает многие годы и может достигать 20–30 см при скорости оседания 2–3 см в год [6]. Исследования в городах России показали, что аварии, появление трещин в стенах зданий возникают чаще на техногенных насыпных грунтах [11].

Особенности развития овражно-балочных систем Витебска на примере оврагов «Гапеевский» и «Дунай»

Результаты, полученные нами в ходе многолетних полевых исследований, позволяют провести анализ современного развития овражно-балочной сети территории Витебска и связанные с ними экологические опасности. В качестве ключевых участков были выбраны два крупных оврага – «Гапеевский» и «Дунай», представляющие собой балки с U-образным поперечным сечением, крутыми и средней крутизны склонами, по дну которых протекают водотоки. Для анализа динамики за отправную точку была взята ситуация 1998 г., когда дочерним унитарным предприятием «Витебскгипроводхоз» на территории города проводились комплексные геолого-геоморфологические исследования овражно-балочных систем.

Анализ наших исследований показал, что за период с 1998 г. по 2014 г. произошли заметные изменения в развитии указанных объектов, выраженные в засыпке отдельных участков долин техногенными грунтами, застройке социально значимыми зданиями и сооружениями, увеличении размеров овражных форм (отвершков), накоплении пролювия и других грунтов, захламленности русла стволами деревьев из-за активного проявления оползневых и суффозионных процессов и т.д.

Так, например, вблизи левого склона (в 15–20 м от бровки) оврага «Гапеевский» по Московскому проспекту (территория, прилегающая к ВГУ имени П. М. Машерова) были возведены 3 жилых 9-ти этажных дома. На этапе строительства этих домов отдельные участки левого склона были засыпаны техногенными грунтами, правый склон при этом не проявлял какой-либо активности. Однако через 2–3 года после ввода в эксплуатацию жилых строений правый склон оврага стал активно углубляться в примыкающий к нему грунтовый массив, что, по всей вероятности, связано с увеличением на данном участке техногенной нагрузки на грунтовый массив. При этом следует отметить, что находившийся вблизи этого участка отвершек вырос с 28 до 36 м в длину и с 1,2 до 2,0 м в глубину.

Существенные морфологические и морфометрические изменения рассматриваемого оврага наблюдались нами в районе СШ №11 (рис. 1). Эти изменения выражены, как уже отмечалось, в засыпке отдельных участков техногенными грунтами (участок вблизи д. 41 корп. 8 по ул. Правды), застройке гаражами, увеличении размеров овражных отвершков путем ро-

ста или их слияния (как, например, у д. 62/1 по Московскому проспекту), захламленности русла ручья кустарниковой растительностью и стволами деревьев, поваленных в результате активного проявления русловых и склоновых (оползни, оплывины) процессов (рис. 2).

Данный участок примечателен еще и тем, что здесь ежегодно, главным образом весной, проявляют себя оползневые и суффозионные процессы. В наибольшей степени оползням подвержен участок вблизи пешеходного моста через ручей (рис. 3).

Из-за активности склоновых и суффозионных процессов на рассматриваемом участке в настоящее время сложилась весьма опасная ситуация для существования гаражей, расположенных у правого склона долины ручья. Здесь бровка склона уже вплотную подошла к гаражным постройкам.

Ряд изменений в развитии Гапеевского оврага, создающих напряженность в инженерно-экологической обстановке города, можно наблюдать и в квартале улиц 5-ая Коллективная и Жесткова (рис. 1, 2). Здесь, например, вблизи дома №9 по ул. 5-ая Коллективная существует овражный отвершек, по дну которого протекает постоянный водоток, формирующийся в результате выхода грунтовых вод и выпадающий в ручей. Этот овраг находится в стадии молодости и весьма интенсивно развивается. Его вершина вплотную подходит к автостоянке возле дома №22 по ул. Жесткова. Вдоль правой стенки оврага проходит дорога, следом располагаются гаражи, находящиеся в 3–4 м. от бровки оврага. На его левом склоне сосредоточены строения частного сектора, некоторым из них угрожает опасность. Причиной интенсивной эрозии здесь, кроме разрушительной работы водного потока, является и сильная замусоренность русла ручья бытовыми отходами, из-за которых русло вынуждено меандрировать. Это нередко приводит к оползням и осыпям на стенках оврага.

В месте слияния двух ручьев, образовался ряд осередков, сложенных песчаными наносами. Они выполняют определенную роль – уменьшают скорость водного потока, благодаря чему уменьшается интенсивность боковой эрозии, которая здесь преобладает.

Следуя дальше к устьевой части Гапеевского оврага, было замечено, что бровка правого склона вплотную подошла к ограде детского сада №81 (дом №37) по ул. Правды (рис. 1, 2). Здесь на склоне выделяется несколько террасированных площадок, деформированных оплывинами и мелкими оползнями.

Заметные изменения в морфологии оврага можно наблюдать и вблизи 9-ти этажного жилого дома №35 по ул. Правды. На его правом склоне перед домом была произведена отсыпка грунта, сформировавшая площадку размерами 60×40 м. Стоит заметить, что за два года эта площадка буквально была изрезана многочисленными промоинами, которые неизбежно приведут к быстрому размыву и обрушению созданного техногенного массива.



Рис. 1. Схема расположения оврагов «Гапеевский» и «Дунай».

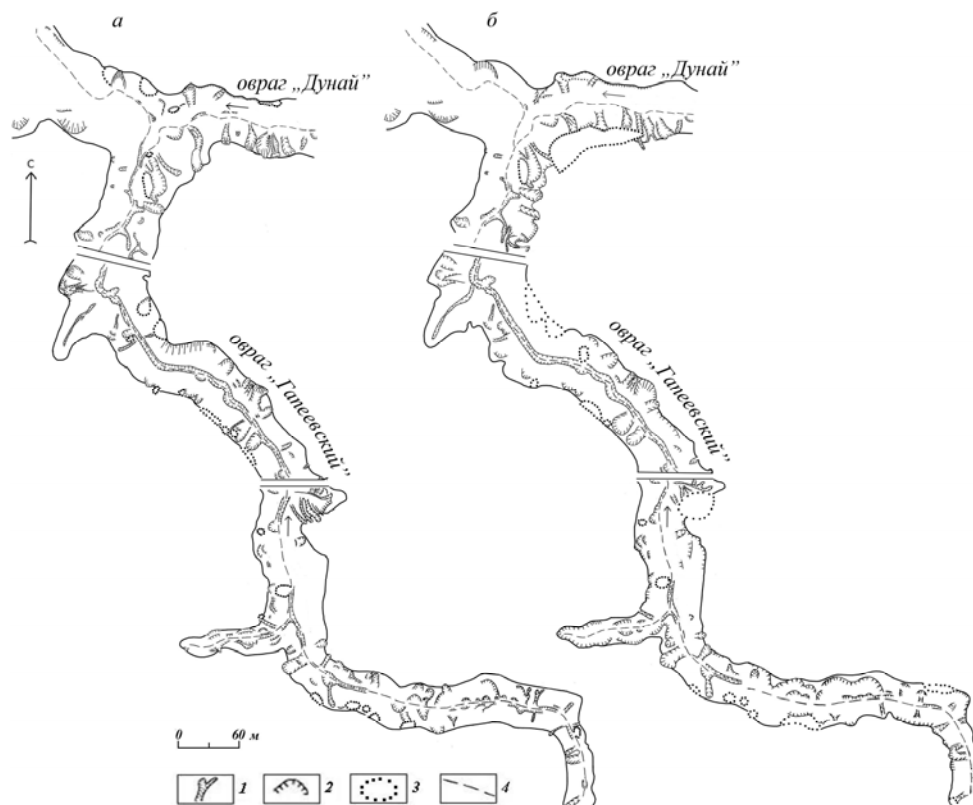


Рис. 2. Схема участков оврагов Гапеевский и Дунай по состоянию на: а) 1998 г., б) 2014 г.: 1 – овражные формы; 2 – формы склоновых процессов (оползни, оплывины, обвалы); 3 – контуры насыпных грунтов; 4 – линия водотока.



Рис.3. Участок левого склона оврага Гапеевский вблизи мостового перехода: а – слева от моста (апрель, 2008 г.), б – справа от моста (май, 2013 г.).

В месте пересечения Гапеевского оврага с проезжей частью улицы Правды, русло ручья канализировано. В этой части состояние склонов стабильно – скорость развития овражных форм здесь значительно ниже, на склонах наблюдаются небольшие оплывины. Причиной этой стабильности может служить большая заустаренность склонов, оказывающая укрепляющее действие на них, а также слабая степень техногенного воздействия. Следы антропогенных вмешательств были замечены нами на улице Шрадера (небольшие засыпки размером 10×15 м) и вдоль забора предприятия «Галант» по ул. Правды (во время проведения исследований здесь производились работы по выполаживанию склонов). В опасной близости от

бровки склона оврага находятся дом №10 по ул. Шрадера (около 12 м от бровки, у самого края располагается прилегающая к нему автостоянка, на которой наблюдаются следы растрескивания и оползание асфальта в овраг) и дом №14 по этой же улице (около 10 м от бровки). Вдоль левого склона сооружено железобетонное ограждение высотой около 2 м, предохраняющее стоящие вблизи дома от возможных разрушений.

На участке оврага, расположенном за проезжей частью ул. Правды со стороны предприятия «Витебскэнерго», наибольшие изменения произошли на правом его склоне (рис. 1, 2). Бровка склона сместилась примерно на 7–8 м вглубь территории и

вплотную приблизилась к бордюру тротуара в переулке из-за интенсивного роста многочисленных отвершков. В 90 м от проезжей части окончательно оформился новый отвершек, не выделявшийся ранее при исследованиях в конце 1990-х и начале 2000-х годов. Его длина составила порядка 30 м при ширине около 12 м. Кроме того, на рассматриваемом склоне нами были отмечены два оползня. Судя по строению, возникли они в 2008–2009 гг. и в настоящее время находятся в весьма нестабильном состоянии. Тела оползней изрыты эрозионными промоинами, достигающими в нижней своей части 5–6 м в ширину и 1,5 м в глубину. Основной причиной возникновения данных оползней, как показали наши исследования, является сброс в овраг поверхностных вод.

Для оврага «Дунай» также характерен активный рост, но с меньшей интенсивностью, чем для Гапеевского оврага, по причине того, что здесь не проводятся работы по застройке окружающей территории и в целом степень антропогенного воздействия намного ниже. Кроме того, учитывая, что «Дунай» расположен в центральной части города, негативные последствия всех происходящих в нем процессов оперативно ликвидируются. Так, например, во время наших полевых наблюдений в 2011 г. вблизи стадиона Витебского государственного медицинского университета (ВГМУ) (рис. 1, 2), нами было отмечено, что бровка склона оврага вплотную подходит к ограде, склон там очень крутой и существует риск обрушения ограды. Однако вскоре, за довольно короткое время с целью предотвращения негативных последствий коммунальными службами города было выполнено закрепление склона древесными насаждениями. Тем не менее, ежегодно в овраге «Дунай» протекают различные инженерно-геологические процессы: эрозионные, склоновые, суффозионные и др.

Большое влияние на формирование средней части рассматриваемой эрозионной формы оказала прокладка через нее канализационного коллектора в 2009 г. В результате проводимых работ на склонах оврага возникло несколько крупных обвалов, а канализирование русла ручья на этом участке спровоцировало оползни (рис. 2).

Следует отметить, что активное проявление в исследуемых оврагах различных процессов и явлений, особенно эрозионных и склоновых, является одним из факторов ухудшения качества воды в реках Витьба и Западная Двина как по содержанию взвешенных веществ, так и по концентрации органических соединений и тяжелых металлов – основных загрязнителей почв и других грунтов зоны аэрации [2, 4, 9].

Особенности организации мониторинга овражно-балочных систем Витебска

как объектов природно-техногенных опасностей

Рассмотрение особенностей развития овражно-балочных систем города, экзогенных процес-

сов, сопровождающих это развитие, позволяют говорить о необходимости организации мониторинга этих систем. Это обусловлено не только их значимостью в градостроительной деятельности Витебска, но и отсутствием в городе, как и в других населенных пунктах Беларуси, вообще каких-либо наблюдений за развитием различных рельефообразующих процессов, в том числе формирующих овражно-балочные системы.

Под мониторингом овражно-балочных систем мы понимаем систему целенаправленных постоянных наблюдений за овражно-балочными системами, оценки их состояния, прогноза развития и выработки геологически обоснованных управленческих решений для оптимизации функционирования этих природно-территориальных комплексов.

Целью создания данного вида мониторинга является установление тенденций развития овражно-балочных систем и на основе этого – принятие управляющих решений по оптимизации функционирования этих систем. Для реализации указанной цели решаются следующие основные задачи: 1) организация наблюдений, получение достоверной и объективной информации о пространственно-временных изменениях состояния и развития овражно-балочных систем; 2) оценка и системный анализ получаемой информации, выявление причин, вызывающих изменения в состоянии и развитии овражно-балочных систем; 3) разработка прогнозов развития данных систем; 4) разработка, анализ эффективности и обеспечение реализации геологически обоснованных управляющих решений по снижению уровня или устранению изменений в состоянии и развитии овражно-балочных систем.

В организационном аспекте мониторинг овражно-балочных систем следует осуществлять по сети специально организованных участков (пунктов) наблюдения и при проведении специального инженерно-экологического обследования территорий. Состав наблюдений должен определяться уровнем овражно-балочных систем, типом возникающих в них экзогенных геологических процессов, масштабами проявлений этих процессов и должен включать комплекс как наземных, так и дистанционных методов исследований. В части показателей, характеризующих развитие овражно-балочных систем территории Витебска необходимы:

1. Изучение инженерно-геологических закономерностей и ландшафтно-экологических особенностей развития городской дренажной системы:

– анализ взаимосвязей естественной дренажной сети, проявлений инженерно-геологических и других опасностей на основе полевых (маршрутных), картографических (изучения серии крупномасштабных топографических карт за разные годы), космозаэрофотоматериалов;

– изучение планового рисунка эрозионной сети для определения особенностей развития локальных форм рельефа на различных морфоблоках и геологических структурах;

– реконструирование овражно-балочных палео-комплексов территории города с помощью историко-геологических методов;

– исследование разрезов склонов и долин крупных эрозионных форм для выявления особенностей напластования горных пород, техногенного материала, определения их мощностей;

– изучение литологического состава горных пород, выполняющих овражно-балочные системы;

– изучение гидрогеологических характеристик и параметров исследуемой территории;

– анализ соответствия геохимических аномалий овражно-балочным системам;

– выявление зон комбинированного действия экзогенных геологических процессов и сопутствующих им геоэкологических опасностей.

2. Изучение влияния инженерно-геологических и экологических особенностей городской территории на эволюцию овражно-балочных комплексов:

– историко-геологическая реконструкция эволюции естественной дренажной сети;

– ландшафтно-экологическая характеристика современного состояния овражно-балочной сети и сопряженных флювиальных форм;

– связь техногенных отложений с проявлением опасных геологических и инженерно-геологических процессов на территории города (оползневые, суффозионные и др. процессы);

– анализ приуроченности социально-экологических и медико-экологических проблем населения города к овражно-балочным системам.

Одним из инструментов, позволяющих анализировать современное состояние овражно-балочных систем, обусловленность их развития геолого-геоморфологическими особенностями территории и техногенной нагрузкой в системе мониторинга, являются ГИС-технологии.

Их использование позволяет современными средствами картографирования в геоинформационной системе систематизировать, структурировать, привести в единый формат накопленный при исследованиях материал и собрать его в единую проблемно-ориентированную базу геоданных.

Цифровая модель рельефа, как основной объект изучения при использовании геоинформационных технологий, дает широкие возможности для математических расчетов и ГИС-анализа с использованием базы данных таблиц, привязанных к картографическому материалу.

Основой для создания цифровой модели рельефа оврагов «Гапеевский» и «Дунай» послужили оцифрованные крупномасштабные (1:2000) топографические планы участка и результаты полевых исследований, проведенных нами в 2004–2013 гг. Исходный цифровой материал обладал определенными недостатками – черно-белое растровое изображение топографических планов и практически полное отсутствие информации о проявлениях экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов

(обозначены только крупные обрывы и деформации поверхности).

Процесс создания геоинформационной системы «Овражно-балочные системы «Гапеевский» и «Дунай» включал следующие этапы:

1) векторизация растровых данных в среде Easy Trace;

2) введение атрибутивных данных (Z-координаты);

3) нанесение на векторную карту результатов деятельности экзогенных геологических процессов (обрывов, оползней и др.) по состоянию на разные моменты времени;

4) экспорт проекта в Esri ArcGIS 10.0;

5) построение цифровой модели рельефа в ArcScene.

Созданная в результате исследований цифровая модель рельефа предоставила широкие возможности для дальнейшего анализа развития овражно-балочной сети Витебска:

– выполнена трехмерная визуализация рельефа в форме блок-диаграмм (рис. 4) и других объемных каркасных (нитяных), полутоновых (светотеневых) и фотореалистичных (текстурированных) изображений, в том числе виртуально-реальностных, например путем драпировки поверхности рельефа цифровыми космо- или аэрофотоизображениями;

– рассчитаны «элементарные» морфометрические показатели: крутизна и экспозиция склонов (рис. 5);

– проведена оценка формы склонов через кривизну их поперечного и продольного сечений;

– сгенерирована сеть тальвегов и водоразделов и других особых точек и линий рельефа, нарушающих его «гладкость»;

– оценены положительные и отрицательные объемы относительно заданного горизонтального уровня в пределах границ участка;

– построены профили поперечного сечения рельефа по направлению прямой или ломаной линии;

– произведена аналитическая отмывка рельефа;

– оценены зоны видимости или невидимости с заданной точки (точек) обзора;

– построены изолинии по множеству отметок высот (например, генерация горизонталей);

– выполнена интерполяция значений высот, другие трансформации исходной модели (например, осреднение, сглаживание, генерация, фильтрация и т.п.).

Созданная в результате исследований цифровая модель рельефа может послужить хорошим инструментом для более детального обследования территории города, выявления потенциально опасных участков, составления прогнозов роста и развития овражно-балочной сети и обоснования управления ею.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

1. Развитие овражно-балочных систем различного порядка является характерной особенностью рельефа Витебска, в городе линейных эрозионных форм

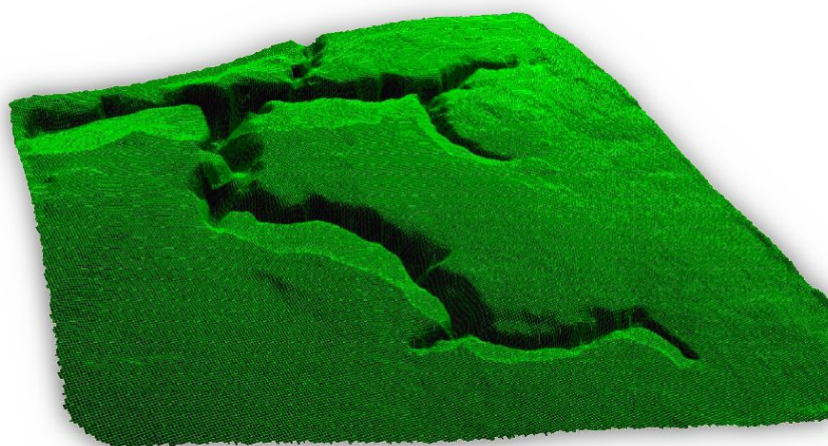


Рис. 4. Каркасная модель рельефа оврагов «Гапеевский» и «Дунай».

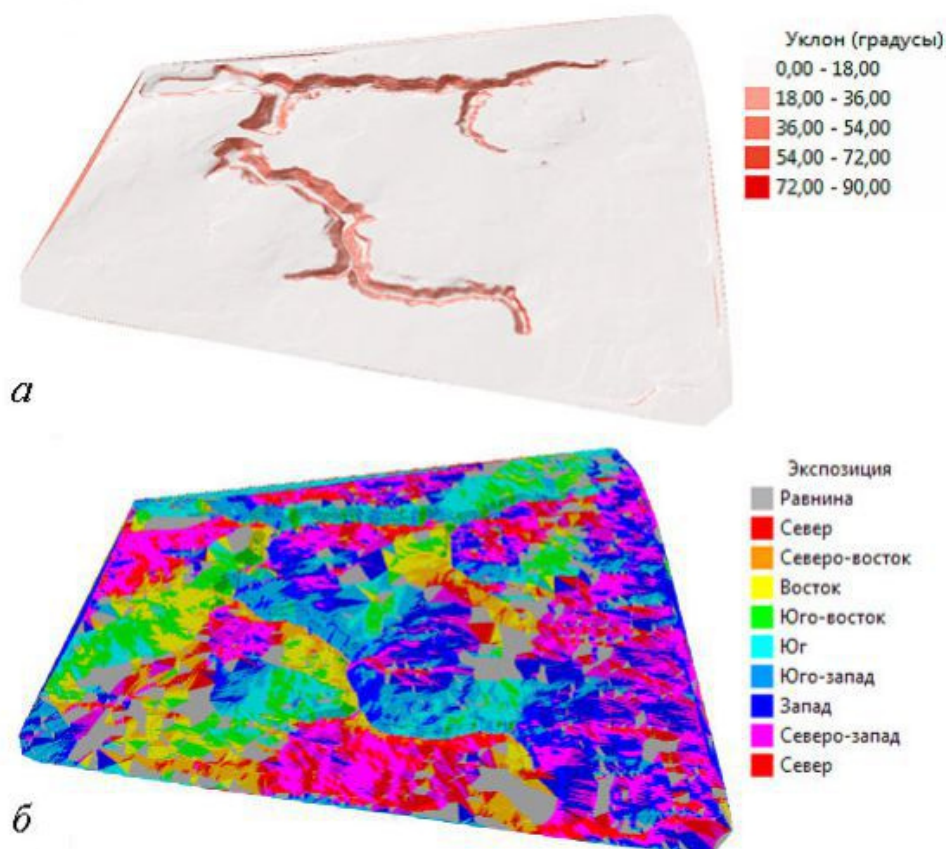


Рис. 5. Цифровая модель рельефа оврагов «Гапеевский» и «Дунай»: а – крутизна склонов, б – экспозиция склонов.

насчитывается порядка 70, а их общая протяженность составляет более 17 км. Структурные элементы овражно-балочных систем находятся на разных стадиях своего развития, большей частью в стадии молодости. Наиболее активны овраги с невыработанным профилем равновесия, образовавшиеся относительно недавно.

2. Нерациональное использование овражно-балочных систем в Витебске следует относить к одной из причин ухудшения на его территории экологической обстановки. Недостаточный учет воздей-

ствия инфраструктуры города ведет к появлению опасных экзогенных процессов, и, прежде всего, эрозии и сопутствующих ей оползневых деформаций склонов различного масштаба и скорости развития. Из негативных последствий этого воздействия существенны не только эрозия и оползни, но и загрязнение грунтов, подземных и поверхностных вод. В то же время, несмотря на неблагоприятные тенденции последних десятилетий в применении овражно-балочной систем Витебска и прилегающих к ним территорий, наблюдаются и многие положительные примеры ис-

пользования этих систем, в частности, сооружение Летнего амфитеатра и торгово-развлекательного комплекса «Марко-Сити» в устьевой части в устьевой части оврага «Гапеевский» и др.

3. На примере крупных эрозионных форм – овраги «Гапеевский» и «Дунай» рассмотрены особенности развития овражно-балочных систем города. Результаты исследований свидетельствуют о том, что за период с 1998 г. по 2014 г. произошли весьма заметные изменения в развитии указанных природно-территориальных комплексов, которые выражены в засыпке отдельных участков овражных форм техногенными грунтами, застройке социально значимыми зданиями и сооружениями, увеличении их размеров за счет откосов, накоплении пролювия и других грунтов, захламленности стволами деревьев и кустарниковой растительностью из-за активного проявления склоновых и суффозионных процессов.

4. Предложена методика организации мониторинга овражно-балочных систем Витебска как объектов природно-техногенных опасностей. В рамках системы мониторинга создана ГИС «Овражно-балочные системы «Гапеевский» и «Дунай», открывающая широкие возможности для более детального анализа современного состояния, прогнозов развития и выработки геологически обоснованных управленческих решений для оптимизации функционирования этих природно-территориальных комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галкин, А. Н. Опыт градостроительного освоения овражно-балочных систем в Витебске / А. Н. Галкин, В. Ф. Котягов, А. П. Кремнев, И. А. Красовская, Л. С. Германова, Л. А. Смоляков // Сергеевские чтения. Вып. 14. Роль инженерной геологии и изысканий на предпроектных этапах строительного освоения территорий: матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 22–23 марта 2012 г. / РАН, Ин-т геоэкологии РАН; ред. кол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М.: ГЕОС. – 2012. – С. 265–270.
2. Лукашев, О. В. Ретроспективная оценка загрязнения почв и растительности г. Витебска тяжелыми металлами / О. В. Лукашев, Н. В. Жуковская // Природные ресурсы, 2006. – № 4. – С. 52–58.

Витебский государственный университет имени П. М. Машерова

Галкин Александр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры географии
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru
Тел.: +375(212)260026

Белорусский государственный университет
Стрельченко Евгений Владимирович, аспирант кафедры почвоведения и земельных информационных систем
E-mail: flatcher_19@mail.ru
Тел.: +375(17)2095487

3. Галкин, А. Н. Подверженность населенных пунктов территории Белоруссии воздействию экзогенных геологических процессов / А. Н. Галкин // Многообразие современных геологических процессов и их инженерно-геологическая оценка: тр. междунар. науч. конф., Москва, 29–30 января 2009 г. / МГУ им. М. В. Ломоносова; под ред. В. Т. Трофимова, В. А. Королева. – М. – 2009. – С. 161–162.
4. Савченко, С. В. Тяжелые металлы в почвах пойменных экосистем малых водотоков г. Витебска / С. В. Савченко, С. Е. Головатый, Н. К. Лукашенко, Л. А. Коробчук // Природные ресурсы, 2005. – № 3. – С. 132–136.
5. Хомич, В. С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В. С. Хомич, С. В. Какарека, Т. И. Кухарчик. – Минск: Минсктиппроект. – 2004. – 260 с.
6. Галкин, А. Н. Инженерная геология Беларуси. Основные особенности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий и история их формирования / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев, В. Г. Жогло. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П. М. Машерова». – 2006. – 208 с.
7. Галкин, А. Н. Особенности форм проявления и закономерности развития опасных экзогенных процессов на территории г. Витебска / А. Н. Галкин, И. А. Красовская, А. Д. Тимошкова, А. Б. Торбенко // Сергеевские чтения. Вып. 9. Опасные природные и техноприродные экзогенные процессы: закономерности развития, мониторинг и инженерная защита: матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 23 марта 2007 г. / РАН, Ин-т геоэкологии РАН; ред. кол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – М.: ГЕОС. – 2007. – С. 17–21.
8. Шкаликов, В. А. Долинно-балочные системы г. Смоленска / В. А. Шкаликов. – Смоленск: Смол. гор. типография». – 2013. – 264 с.
9. Торбенко, А. Б. Техногенные факторы экологических изменений на территории г. Витебска / А. Б. Торбенко, А. Н. Галкин, И. А. Красовская, А. Д. Тимошкова // Природные ресурсы, 2007. – № 2. – С. 53–60.
10. Павловский, А. И. Геоморфологическое строение территории Витебска / А. И. Павловский, А. Н. Галкин, И. А. Красовская, А. Д. Тимошкова, П. А. Галкин // Літасфера, 2009. – № 1 (30). – С. 130–134.
11. Шкаликов, В. А. Современные тенденции в формировании стока в урбандиафтах (на примере г. Смоленска) / В. А. Шкаликов // Комплексные географические исследования: теория, практика, образование. – Москва–Смоленск: Универсум. – 2008. – С. 291–297.

Vitebsk State University named after P. M. Masherov

Galkin A. N., Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor of the Geography Department
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru
Tel.: +375(212)260026

Belarusian State University
Strelchen E. V., postgraduate of the Department of Soil Science and Land Information Systems
E-mail: flatcher_19@mail.ru
Tel.: +375(17)2095487