

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ И ТИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИИ ВИТЕБСКА

П.А. Галкин¹, А.Н. Галкин², А.И. Павловский³, О.В. Шершнев³, В.Л. Моляренко³

¹Витебский государственный медицинский университет,
просп. Фрунзе, 27а, 210009, Витебск, Беларусь

²Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,
Московский просп., 33, 210038, Витебск, Беларусь
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

³Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
ул. Советская, 104, 246019, Гомель, Беларусь
E-mail: aipavlovskiy@mail.ru

Изложены результаты инженерно-геологического районирования территории Витебска на основе особенностей строения геологической среды до глубины инженерно-хозяйственного воздействия. Приведена характеристика инженерно-геологических условий каждой выделенной таксономической единицы, проанализированы изменения, происходящие в геологической среде города под влиянием процессов урбанизации.

ВВЕДЕНИЕ

Более 1000 лет назад г. Витебск занимал мыс на месте слияния рек Западная Двина и Витьба и от остальной территории был отрезан руслом глубокого ручья и буерака, образуя площадку округлой формы. Внутри города существовало, по меньшей мере, две возвышенности, доминирующие над окружающей местностью: Замковая гора и отделенная от нее одним из рукавов Витьбы – Двинская возвышенность, которые и послужили основой для формирования городской территории. Удачное топографическое положение Замковой горы превратило ее в градообразующий центр Витебска, на низменных участках вокруг которого и на Двинской возвышенности происходил процесс развития посада (окольного города) [1].

Природная обстановка территории Витебска сложилась в процессе ее длительного геологического развития, которое обусловило пространственное распространение горных пород различного возраста и генезиса, разного состава и состояния, с различными свойствами, характер рельефа, особенности проявления природных геологических и инженерно-геологических процес-

сов, гидрогеологические условия, количество и мощность водоносных горизонтов, их взаимосвязь друг с другом. Все это предопределило внутреннюю сложность структуры геологической среды и специфику современного проявления ее экологических функций, определяющих степень (уровень) благоприятности и возможности проживания населения города.

Геоэкологическая оценка урбанизированной территории, как правило, начинается с изучения ее литогенной (геологической) основы, точнее инженерно-геологических условий – совокупности характеристик компонентов геологической среды исследуемой территории и факторов, ее изменяющих, важных для решения проблем строительства и эксплуатации различных сооружений и рационального использования территорий.

Наиболее полно пространственные особенности строения и свойств геологической среды могут быть выявлены при проведении естественно-исторического инженерно-геологического районирования [11; 17]. Выбору критериев районирования предшествовал анализ инженерно-геологических условий исследуемой территории [10; 11]. Среди

наиболее общих признаков, определяющих эти условия, самыми существенными являются геологическое строение верхних горизонтов земной коры (рис. 1) и морфометрические особенности рельефа.

Анализ инженерно-геологических условий территории Витебска показывает, что нижняя граница зоны влияния техногенной составляющей природно-технической системы города на компоненты геологической среды в основном определяется глубиной залегания подошвы водоносного горизонта саргаевских отложений верхнего девона

(рис. 2), являющегося основным источником водоснабжения городского населения [9].

При этом нами учитывались строение, мощность и состав перекрывающих этот водоносный горизонт отложений четвертичного комплекса, наличие или отсутствие в его разрезе слабопроницаемых глинистых отложений, их состав и мощность, генезис и морфометрические характеристики рельефа.

Геологическое строение, характер рельефа, гидрогеологические условия территории Витебска изучены и описаны в различных литературных

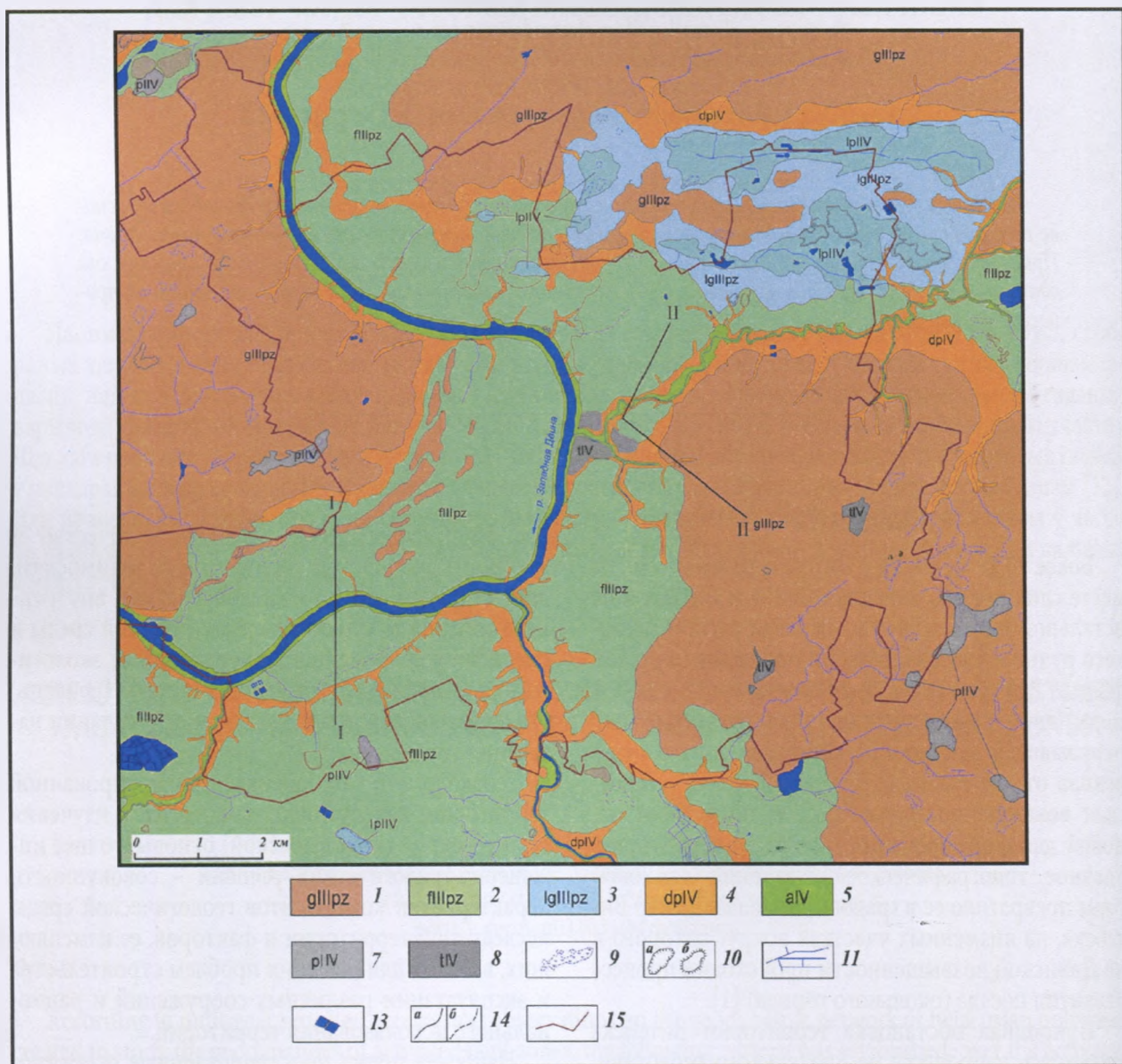


Рисунок 1 – Геологическая карта четвертичных отложений территории Витебска и его окрестностей (по [10]) Генетические типы отложений. Верхний плейстоцен, поозерский горизонт: 1 – моренные, 2 – флювиогляциальные, 3 – озерно-ледниковые. Голоцен: 4 – делювиально-пролювиальные, 5 – аллювиальные, 6 – озерно-болотные, 7 – болотные, 8 – техногенные. Другие обозначения: 9 – заторфованные и заболоченные поверхности, 10 – карьеры (а) и насыпи (б), 11 – каналы, 12 – поля фильтрации, 13 – пруды; 14 – границы однородных генетических типов отложений: а) четкие, б) нечеткие, 15 – граница города

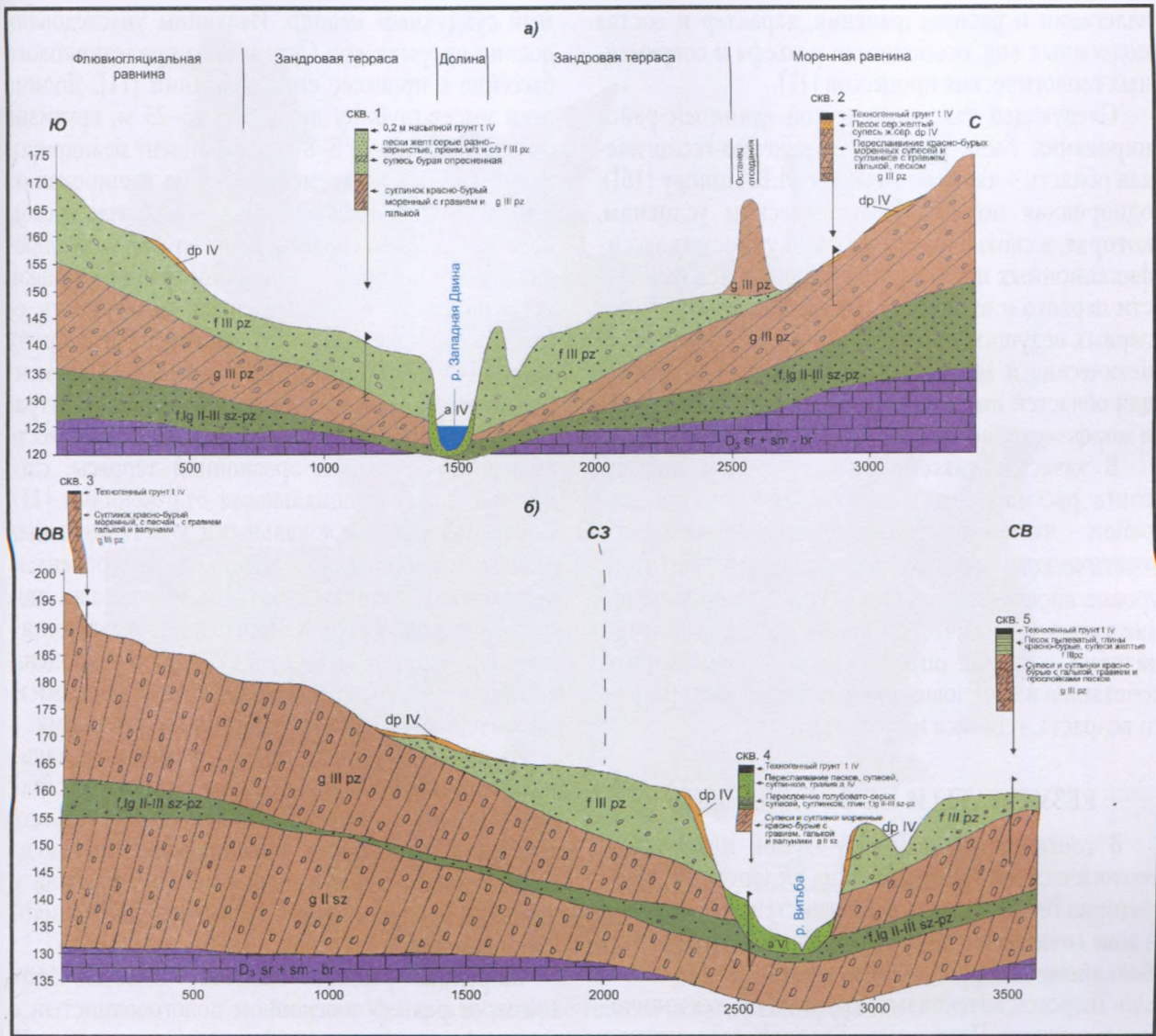


Рисунок 2 – Геологические разрезы: а) по линии I – I (мкр-н Зеленый Городок – ул. М. Горького); б) по линии II – II (ул. Клиническая – ул. Суражская) (по [10])

источниках достаточно подробно. Кроме того, в районе города в разные годы различными организациями (Белорусской гидрогеологической экспедицией ПО «Белгеология», Белорусским научно-исследовательским геолого-разведочным институтом, Белорусским государственным институтом инженерных изысканий – ныне республиканское унитарное предприятие «Геосервис», Витебским госуниверситетом имени П.М. Машерова) проводились геолого-съёмочные и изыскательские работы, что позволяет достаточно обоснованно выполнить инженерно-геологическое районирование.

Представленное в настоящей работе районирование территории Витебска базируется на теоретических и методологических положениях и принципах, изложенных в работах Т.И. Аверкиной,

А.Н. Галкина, Г.А. Голодковской, А.В. Матвеева, И.В. Попова, В.Т. Трофимова и др. [4; 11; 16; 17]. Оно выполнено по схеме одnorядного последовательного районирования и по своему содержанию является смешанным (региональным и типологическим).

В качестве таксономической единицы наиболее высокого ранга нами рассматривался инженерно-геологический регион второго порядка – крупная структурная единица земной коры, выделяемая в соответствии с ее пространственным положением, определяемым современным тектоническим режимом, и характеризуемая определенным набором морфологически выраженных геологических параметров, главными из которых являются состав, строение, степень литификации или метаморфизации горных пород, условия их

залегания и распространения, характер и состав подземных вод, особенности рельефа и современных геологических процессов [17].

Следующей таксономической единицей районирования была принята инженерно-геологическая область – часть региона (по И.В. Попову [16]), однородная по геоморфологическим условиям, которая, в свою очередь, по совокупности классификационных признаков подразделяется на области первого и второго порядка. При обособлении первых ведущим признаком послужили морфогенетические и морфоструктурные особенности, а для областей второго порядка – морфологические и морфометрические характеристики рельефа.

В качестве таксона районирования низкого ранга рассматривался инженерно-геологический район – часть области, однородная по литолого-генетическому составу горных пород. На этом уровне впоследствии было осуществлено выделение типов геологической среды исследуемой территории, которые определялись по возможному сочетанию и соотношению грунтовых толщ разного возраста, генезиса и состава.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с общей схемой инженерно-геологического районирования Беларуси [4], территория Витебска и его окрестностей расположена в зоне сочленения двух регионов второго порядка: Балтийско-Белорусской синеклизы и Воронежско-Тверской антеклизы – крупных неотектонических структур Центрально-Европейского сектора Евразийской литосферной плиты [13], на стыке двух инженерно-геологических областей первого порядка – денудационных столово-останцовых и денудационных субгоризонтальных равнин, в пределах Суражской равнины (на севере и западе) и Витебской возвышенности (на юге и востоке) [4], в соответствии с которыми авторами выделены две инженерно-геологические области второго порядка (рис. 3).

Область А отвечает Суражской озерно-ледниковой с фрагментами моренной равнине и представляет собой выровненную, слабонаклоненную равнину с абсолютными отметками поверхности 140–180 м, глубиной расчленения 5–10 м/км² и средней плотностью расчленения 0,3 км/км² [11]. По происхождению и морфологии в пределах области в пределах города выделяются долинный комплекс Западной Двины и моренная равнина (рис. 4).

Долина Западной Двины имеет трапециевидную форму и в плане представляет собой врезан-

ный сундучный меандр. Излучины унаследовали долину прорыва вод Суражского приледникового бассейна в процессе его деградации [11]. Долина реки имеет глубину примерно 15–25 м, крутизна склонов составляет 5–8°, коэффициент меандрирования 1,85–1,9. Современная пойма неширокая от 5 до 30 м, одноуровневая, возвышается над урезом воды на 0,5–2,5 м, сложена разнородными аллювиальными песками с прослоями гравия и гальки, встречается валунный материал; поверхность ее слабо задернована, полого наклонена в сторону русла (1–2°), осложнена конусами выноса временных водных потоков и мелкими эоловыми буграми, имеет четко выраженный тыловой шов в месте смыкания с уступом эрозионной террасы, сложенной флювиогляциальными отложениями [11]. Последняя развита локальными участками вдоль правого и левого борта долины и приурочена к абсолютным отметкам 140–144 м, возвышаясь над урезом воды на 18–25 м. Поверхность флювиогляциальной террасы пологая (1–3°), слабо наклонена в сторону русла, осложнена овражными формами и заболоченными изометрическими понижениями.

На правобережье в пределах флювиогляциальной террасы хорошо выражены останцы отседания (см. рис. 4), сформировавшиеся в результате активного подмывания моренной равнины мощным потоком, образовавшим долину прорыва в процессе дренирования Суражского приледникового бассейна.

Моренная равнина занимает отметки 160–180 м, ее рельеф в основном пологоволнистый с густотой расчленения 0,27 км/км², осложненный термокарстовыми западинами, пологими изометрическими или линейными заболоченными и задернованными понижениями, образование которых связано с неравномерной аккумуляцией моренного материала. Встречаются ложбины стока талых ледниковых вод, а в северной части – долина прорыва озерно-ледниковых вод, осложненная флювиокамами и озами. Прибортовые части долины Западной Двины расчленены овражно-балочной сетью.

Четвертичные отложения сплошным чехлом покрывают территорию области, их мощность изменяется от первых десятков до 50 м, составляя в среднем 30 м [10]. Разрез довольно пестрый по составу, представлен образованиями поозерского, сожского и фрагментарно днепровского времени. На моренные супеси и суглинки здесь приходится от 10 до 50% разреза [4].

Почвенный покров представлен, в основном, дерново-подзолистыми супесчано-суглинистыми

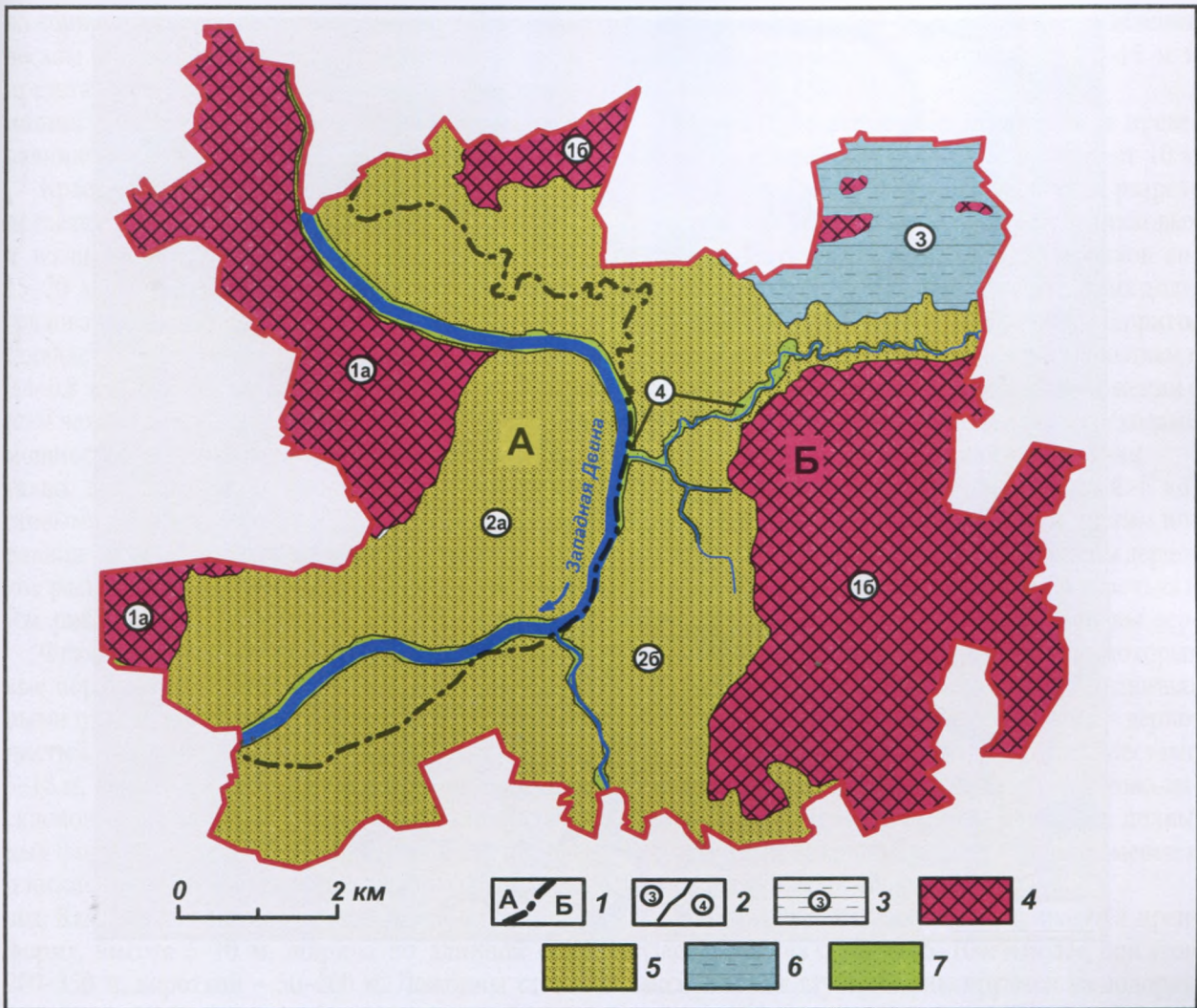


Рисунок 3 – Карта инженерно-геологического районирования и типов геологической среды территории Витебска

Границы: 1 – инженерно-геологических областей второго порядка; 2 – типов строения геологической среды.
 3 – тип геосреды и его номер. Районы развития отложений: 4 – моренных; 5 – флювиогляциальных;
 6 – озерно-ледниковых и озерно-болотных; 7 – аллювиальных

и песчаными почвами с разной степенью увлажнения и глееватости, нередко с признаками заболачивания, в поймах рек – пойменно-болотными и торфяно-болотными почвами. Естественный покров достаточно изменен, на приусадебных участках окультурен.

Глубина залегания зеркала грунтовых вод изменяется от менее 1 до 10 м и глубже, преобладают глубины 3–5 м; пьезометрические уровни эксплуатируемого водозаборами города (Песковатик и Марковщина) напорного водоносного горизонта саргаевских отложений верхнего девона устанавливаются на глубинах 11 м.

Комплекс современных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов представлен плоскостным смывом, речной и овражной эрозией, подтоплением, заболачиванием и торфо-

накоплением, загрязнением подземных вод и грунтов, характеризующимися, в основном, средней степенью интенсивности своего проявления [4].

Следует отметить, что территория области А имеет длительную историю инженерно-хозяйственного освоения, начиная с конца XIII в. (время формирования Маркова Свято-Троицкого мужского монастыря) [2], при этом рельеф области в силу равнинности поверхности до настоящего времени остается слабоизмененным.

Вторая инженерно-геологическая область (область Б) отвечает западной периферийной части Витебской краевой ледниковой возвышенности, осложненной глубоко врезанными (до 40 м) долинами рек Лучоса, Витьба, ручьев Гапеевский и Дунай, которые унаследуют долины прорыва озерно-ледниковых суббассейнов и маргинальные

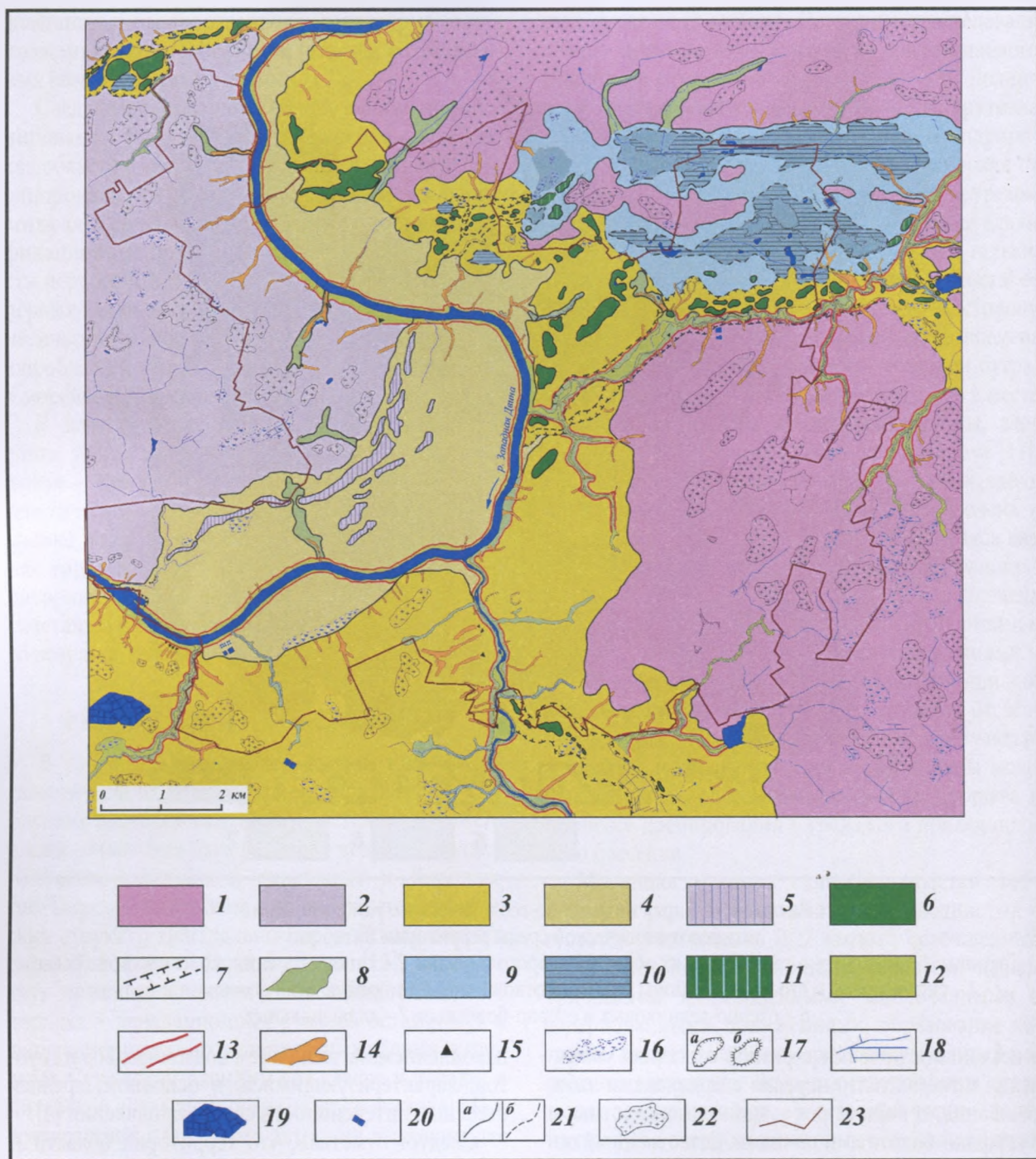


Рисунок 4 – Геоморфологическая карта территории Витебска и его окрестностей (по [11]).

Генетические типы рельефа. Гляциальный рельеф: 1 – холмисто-увалистые краевые ледниковые образования поозерского возраста; 2 – полого-волнистая моренная равнина поозерского возраста. Флювиогляциальный рельеф: 3 – пологоволнистая флювиогляциальная равнина поозерского возраста; 4 – пологая флювиогляциальная равнина поозерского возраста; 5 – останцы отседания в пределах флювиогляциальной равнины; 6 – поозерские камовые массивы; 7 – маргинальные ложбины стока; 8 – ложбины стока талых ледниковых вод. Лимногляциальный рельеф: 9 – слабоволнистая, местами плоская озерно-ледниковая низина поозерского возраста; 10 – плоские заболоченные и заторфованные поверхности поозерских озерных котловин; 11 – поозерские лимнокамы. Флювиальный рельеф: 12 – поймы современной речной сети; 13 – глубоковрезанные речные долины голоценового возраста; 14 – современная овражно-балочная сеть; 15 – современные конусы выноса. Биогенный рельеф: 16 – современные плоские заторфованные и заболоченные поверхности. Техногенный рельеф: 17 – карьеры (а) и насыпи (б); 18 – каналы; 19 – поля фильтрации; 20 – пруды. Другие обозначения: 21 – границы однородных генетических поверхностей: а) четкие, б) нечеткие; 22 – денудационные поверхности (плакоры), 23 – граница города

ложбины стока талых ледниковых вод. В генетическом и морфологическом отношении область представлена краевыми ледниковыми образованиями, флювиогляциальной и озерно-ледниковой равнинами (см. рис. 4).

Краевые ледниковые образования занимают в пределах города абсолютные отметки 165–205 м и возвышаются над зандровыми равнинами на 15–20 м. Поверхность их мелкохолмистая, реже грядовая или увалистая, густота расчленения составляет 0,34 км/км², крутизна склонов 2–6°, длина 0,4–0,8 км. Рельеф несколько сглажен маломощным чехлом покровных лессовидных образований мощностью до 0,5 м, осложнен ложбинами стока талых вод, овражно-балочной сетью, термокарстовыми западинами [11]. В пределах зандровых равнин наряду с эрозионными формами широкое распространение получили также камы и озы (см. рис. 4).

Флювиогляциальная равнина окаймляет краевые образования неширокой полосой с абсолютными отметками 145–180 м. Рельеф ее пологоволнистый, расчленен оврагами и балками глубиной 5–18 м, длиной 0,8–1,5 км и шириной по бровкам склонов от 50 до 150 м. Склоны овражно-балочных форм часто пологие и задернованные, днища плоские, местами наблюдаются выходы грунтовых вод. Камы имеют овальную, иногда изометричную форму, высота 5–10 м, ширина по длинной оси 200–350 м, короткой – 50–200 м. Ложбины стока талых ледниковых вод слабоврезанные глубиной 10–15 м, длиной до 1,5 км и шириной 100–200 м с короткими склонами и плоским днищем. В пределах равнины встречаются термокарстовые западины и заболоченные межхолмные понижения [11].

В бассейне р. Витьба, в результате сложной динамики отступающего ледника и наличия крупных массивов «мертвого» льда, в конце плейстоцена сформировался небольшой приледниковый бассейн, который был дренирован, и на его месте образовалась озерно-ледниковая равнина. Она занимает отметки 146–150 м, относительные превышения 2–3 м, в местах скопления лимнокамов, моренных останцов превышения достигают 10–15 м. Поверхность равнины заболочена, самые низкие отметки занимает плоская современная озерная равнина. Встречаются покатые участки озерных абразионных террас шириной от первых метров до 30–50 м. В рельефе четко выражены долины прорыва озерно-ледниковых вод глубиной 10–15 м и шириной 100–200 м, одна из которых унаследована Витьбой в нижнем течении. К долинам приурочены флювиокамовые комплексы (см. рис. 4),

представляющие собой беспорядочные скопления невысоких овальных холмов высотой 10–15 м и диаметром 50–150 м [11].

Мощность четвертичных отложений в пределах рассматриваемой области составляет от 10 м (ручей Гапеевский и др.) до 60 м и более. В разрезе представлены комплексы нескольких ледниковых покровов; количество моренных интервалов составляет, в основном, два, местами три, на их долю приходится в среднем около 70% разреза. Территория области отличается также распространением в северной ее части озерно-ледниковых отложений с хорошо выраженными фаціальными переходами от разнозернистых песков до ленточных глин.

Почвенный покров достаточно пестрый. К хорошо дренированным водоразделам и другим положительным формам рельефа приурочены дерново-подзолистые почвы. На плоских междуречьях и в межхолмных понижениях распространены дерново-подзолистые заболоченные, доля которых в структуре покрова довольно велика. В днищах котловин и ложбин стока формируются дерновые заболоченные и торфяно-болотные. Местами встречаются дерново-карбонатные, дерново-палево-подзолистые и пойменно-болотные почвы. Естественный покров в области сильно изменен и на значительных площадях окультурен [2].

Уровни грунтовых вод устанавливаются преимущественно на глубинах 5–10 м и более, при этом максимальные глубины фиксируются на водоразделах, а минимальные – в долинах рек и ручьев, где они не превышают 5 м. Пьезометрические уровни верхнедевонского саргаевского водоносного горизонта устанавливаются на глубинах от 3 до 11 м в зависимости от геолого-геоморфологических условий.

Среди современных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов широкое распространение получили плоскостной смыв, овражная и речная эрозия, крип, оползни, суффозия, подтопление, заболачивание и торфонакопление, характеризующиеся весьма различной степенью интенсивности проявления – от очень низкой до высокой [4; 5; 6].

Особенностью инженерно-геологических условий области Б является ее длительное градостроительное освоение – районы в границах центральной части Витебска на левобережье Западной Двины были освоены уже в X–XI вв. [10]. Центром планировочной структуры города являлся детинец (укрепленный замок) и примыкавший к нему окольный город или посад. В последующие столетия в городе возводились оборонительные соору-

жения, церкви, жилые дома и административные здания. Это привело к значительным изменениям рельефа за счет планировки и накопления техногенных отложений, мощность которых на отдельных участках достигла 10–15 м [3].

Дальнейшее районирование территории было проведено на уровне инженерно-геологических районов. Анализ геологических разрезов позволил обособить в пределах каждой области по несколько районов, общее число которых составило 12, что отражает многообразие геологических разрезов, встречающихся на территории Витебска. С учетом масштаба картирования геологические разрезы были генерализованы и объединены в определенные типы строения геологической среды. Всего на территории города в пределах описанных выше областей можно выделить четыре типа строения геологической среды.

К *первому типу* нами отнесены инженерно-геологические районы, где с поверхности залегают моренные отложения поозерского горизонта (см. рис. 3), местами перекрытые маломощными верхнеплейстоцен-голоценовыми лессовидными (преимущественно в области Б) и современными делювиально-пролювиальными, болотными и техногенными образованиями.

Отложения поозерской морены представлены красно-бурыми и бурого цвета супесями, суглинками, иногда глинами с высоким содержанием гравийно-галечного и валунного материала (до 15–20 %) и многочисленными небольшой мощности – от первых сантиметров до 1,5–2,0 м – внутриморенными песчаными и песчано-гравийными прослойками и линзами. Общая мощность моренных супесей и суглинков изменяется от 1 до 35 м и более. Залегают они на нерасчлененном сожско-поозерском комплексе водноледниковых и аллювиальных отложений (*f,lg II sz-III pz*), среди которых преобладают тонко- и мелкозернистые пески и песчано-гравийные породы мощностью от 0,5 до 5–10 м и более.

В зависимости от подстилающих сожско-поозерские образования пород в данном типе обособляются два подтипа геологической среды: 1а, где в основании комплекса водноледниковых и аллювиальных отложений залегают саргаевские доломиты верхнего девона ($D_3 sr$), и 1б, характеризующийся распространением в геологическом разрезе сожской морены (*g II sz*), представленной массивными, плотными красно-бурыми супесями и суглинками с включениями гравийно-галечного и валунного материала, в кровле толщи опесчаненными, общей мощностью 20–40 м [10].

Почвенный покров этого типа строения геологической среды представлен большей частью дерново-подзолистыми почвами, местами встречаются дерново-подзолистые заболоченные, дерново-карбонатные и торфяно-болотные почвы.

Для данного типа геосреды характерно развитие верховодки, встречающейся на глубинах от 0,5 до 1,5–2,0 м. Толща поозерских моренных супесей и суглинков обводнена спорадически по внутриморенным песчано-гравийным прослоям и линзам. Подземные воды безнапорные или частично напорные с величиной напора до 21 м [14].

Первый от поверхности постоянный водоносный горизонт вскрывается в средне-верхнеплейстоценовых сожско-поозерских песках на глубинах 12–50 м. Воды часто напорные, с величиной напора до 25 м; на участках отсутствия сожской морены существует их тесная гидравлическая связь с глубокозалегающими водоносными горизонтами верхнего девона. Фильтрационные свойства и водообильность сожско-поозерских отложений колеблются в широких пределах и зависят от литологических особенностей водовмещающих пород и их мощности. Коэффициенты фильтрации изменяются от 6,5 до 19,5 м/сут.

Из современных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов наряду с подтоплением широкое распространение получили плоскостной смыв, овражная эрозия, крип, заболачивание. С выходами подморенных сожско-поозерских подземных вод на склонах глубоких эрозионных форм связано проявление суффозии, нередко являющейся причиной возникновения оползней.

В целом инженерно-геологические условия описанного типа геосреды относительно благоприятные – моренные супеси и суглинки являются надежным основанием для различных инженерных сооружений. Вместе с тем, в связи с наличием в моренных толщах многочисленных обводненных песчано-гравийных прослоек и линз и наблюдающейся в последние десятилетия тенденцией техногенного обводнения верхней части супесчано-суглинистого разреза, приводящей местами к подтоплению подземных коммуникаций и фундаментов зданий, дальнейшая нормальная эксплуатация сооружений потребует определенных мероприятий [7; 15]. Развитие природно-техногенного подтопления необходимо учитывать при строительстве новых зданий и подземных коммуникаций. Увеличение влажности моренных грунтов, вызванное обводнением и подтоплением, ставит их в разряд агрессивных, а в зимнее время приво-

дит к пучению, с которым связаны наблюдаемые местами деформации легких зданий и дорожных покрытий.

Второй тип строения геологической среды образуют территории, сложенные с поверхности поозерскими флювиогляциальными песками, подстилаемые преимущественно поозерской мореной (см. рис. 2, 3) и перекрытые современными делювиально-пролювиальными, болотными и техногенными образованиями. Среди рассматриваемых песков преобладают желтовато-серые и серые пылеватые и мелкие разности, часто с прослоями песков средней крупности и крупных. Мощность их изменяется от 3 до 15 м, а на эрозионных флювиогляциальных террасах может возрастать до 20 метров и более [10; 14].

В пределах данного типа строения геологической среды как и в предыдущем первом в зависимости от количества моренных интервалов в толще четвертичных отложений обособляются два подтипа: 2а, где в разрезе присутствует один поозерский моренный горизонт, и 2б, характеризующийся распространением в разрезе нескольких горизонтов морен.

Почвенный покров этого типа строения геосреды представлен в основном дерново-подзолистыми почвами, нередко заболоченными, встречаются также торфяно-болотные почвы.

Поозерские флювиогляциальные пески обводнены, воды имеют безнапорный характер. Глубина залегания уровня грунтовых вод колеблется от 0,5 до 4,0 м и более. На участках, где мощность флювиогляциальных отложений незначительна и близко к поверхности залегают моренные супеси и суглинки, отмечается подпор грунтовых вод и подтопление территорий.

Среди современных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов здесь получили развитие плоскостной смыв и овражная эрозия, суффозия, крип, оползни, подтопление, заболачивание и торфонакопление. Последние три процесса нередко становятся причиной повышения коррозионной активности грунтов.

Инженерно-геологические условия второго типа геосреды являются относительно благоприятными, определяются широким использованием в строительной практике поозерских флювиогляциальных грунтов, обладающих вполне удовлетворительными строительными свойствами и служащих надежным основанием и средой для различных инженерных сооружений любого класса ответственности [8]. В то же время присутствие в геологическом разрезе на отдельных

участках значительных по мощности толщ техногенных грунтов культурного слоя (до 10–15 м), обладающих высокой неоднородностью состава и строения, большой изменчивостью свойств нередко представляет опасность как для строительства, так и для реконструкции зданий и сооружений.

Третий тип строения геологической среды на территории Витебска представлен участком, расположенным на северо-востоке города, где с поверхности залегают поозерские озерно-ледниковые отложения (*Ig III pz*), представленные, в основном, голубовато-серыми, буроватыми и зеленовато-серыми супесями, суглинками, ленточноподобными глинами с включениями гравийно-галечного материала, нередко с прослоями и линзами мелко- и тонкозернистых песков [10]. Мощность пород весьма изменчива и составляет от 0,5 до 8,0 м и более. На значительной площади эти отложения перекрыты маломощными (0,5–2,4 м) современными озерно-болотными образованиями из сильногумусированных с растительными остатками мелкозернистых песков и супесей с линзами слаборазложившегося торфа, иногда мелкозалежных торфяников [10]. Почвенный покров в пределах данной территории представлен большей частью дерново-подзолистыми заболоченными и торфяно-болотными почвами.

Для этого типа строения геологической среды также характерно развитие верховодки, встречающейся на глубинах от 0,5 до 2,0 м. Толща поозерских лимногляциальных глинистых грунтов обводнена спорадически по прослоям и линзам песков. Мощность водовмещающих пород невелика и изменяется от 0,1 до 1,5 м. Уровни подземных вод устанавливаются на глубинах от 0,5 до 7,0 м. Воды безнапорные, при наличии в кровле обводненных слоев глинистых пород они могут иметь напор до 1,0 м.

Из современных геологических и инженерно-геологических процессов широкое распространение здесь получили подтопление, заболачивание и торфонакопление, морозное пучение, что в совокупности с геолого-гидрогеологическими условиями данный тип геосреды ставит в разряд неблагоприятных в отношении инженерно-хозяйственного освоения.

Незначительным распространением на территории города пользуется **четвертый тип** строения геологической среды, разрез которого открывают современные аллювиальные образования, представленные, большей частью, разнозернистыми песками, песчано-гравийно-галечным материалом (русовая фация), реже тонко- и мелкозернистыми

песками и супесями с растительными остатками и линзами слаборазложившегося торфа (пойменная фация) [10; 14]. В руслах рек встречаются крупные валуны. Залегают они преимущественно на поозерской морене, а там где морена размыта – на нерасчлененном комплексе сожско-поозерских отложений, местами на верхнедевонских доломитах. Мощность аллювия колеблется от 0,5 до 8,0 м. Почвенный покров в пределах данного типа геосреды слагают в основном аллювиальные (пойменные) дерновые и дерновые заболоченные почвы. Грунтовые воды, заключенные в аллювиальных отложениях, безнапорные, располагаются близко к поверхности – их уровень устанавливается на глубинах 0,1–1,6 м. Водообильность горизонта грунтовых вод неравномерная и зависит от литологического состава водовмещающих пород и их мощности. Коэффициенты фильтрации аллювиальных отложений изменяются от 3,2 до 14,8 м/сут.

Из современных экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов наряду с подтоплением и заболачиванием, которые способствуют повышению коррозионной активности грунтов, широкое распространение здесь получили русловые процессы, представленные, главным образом, боковой эрозией. Они характерны для всех постоянных водотоков в городе, причем в долинах ручьев Дунай и Гапеевский проявляют себя весьма интенсивно [6].

Довольно распространенным процессом в долинах рек и ручьев является суффозия. Развивается она, как правило, в неоднородных по гранулометрическому составу грунтах с размером пор, достаточным для передвижения тонкодисперсных частиц, при значительном градиенте напора фильтрационного потока и наличии условий для разгрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, инженерно-геологические условия Витебска, как и природные условия, в целом, сложные и специфичные, неоднородные в разных частях города, что связано со своеобразием геологического развития его территории в четвертичный период. Выполненное типологическое инженерно-геологическое районирование позволило выявить основные особенности геологической среды исследуемой территории до глубины инженерно-хозяйственного воздействия, охарактеризовать различные условия протекания геологических и инженерно-геологических процессов, а также провести анализ изменений, происходящие в геологической среде под воздействием процессов урбанизации. Оно является также хорошей базой для прогнозирования антропогенных изменений в пределах города при дальнейшем его развитии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубенько, Т. С. Средневековый Витебск. Посад – Нижний замок (X – первая половина XIV в.) / Т. С. Бубенько. – Витебск : ВГУ им. П. М. Машерова, 2004. – 278 с.
2. Витебск : энцикл. справ. / Белорус. Сов. Энцикл. ; редкол.: И. П. Шамякин (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БелСЭ. – 1988. – 407 с.
3. Галкин, А. Н. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – Ч. 1 : Грунты Беларуси / под науч. ред. В. А. Королева. – 367 с.
4. Галкин, А. Н. Инженерная геология Беларуси : в 3 ч. / А. Н. Галкин, А. В. Матвеев. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2018. – Ч. 3 : Региональная инженерная геология / под науч. ред. В. А. Королева. – 183 с.
5. Галкин, А. Н. О необходимости организации системы мониторинга современных геологических и инженерно-геологических процессов на территории Витебска / А. Н. Галкин, И. А. Красовская, П. А. Галкин // География XXI века: наука и практика : матер. респ. науч.-практ. конф., Витебск, 27 ноября 2015 г. / Вит. гос. ун-т ; редкол.: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2015. – С. 7–9.
6. Галкин, А. Н. Особенности изучения овражно-балочных систем Витебска в целях градостроительного освоения / А. Н. Галкин, П. А. Галкин, И. А. Красовская // Наука – образованию, производству, экономике : матер. XVII (64) Региональной науч.-практ. конф. препод., науч. сотrud. и аспирантов, Витебск, 14–15 марта 2012 г. : в 2 т. / Вит. гос. ун-т ; редкол.: А. П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск, 2012. – Т. 1. – С. 51–53.
7. Галкин, П. А. Особенности освоения склонов речных долин в Витебске / П. А. Галкин, И. А. Красовская, А. П. Кремнев // Сергеевские чтения. Вып. 15. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геокриологические аспекты) : матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии, Москва, 22–23 марта 2013 г. / РАН, Ин-т геоэкологии РАН ; редкол.: В. И. Осипов (отв. ред.) [и др.]. – Москва : ГЕОС, 2013. – С. 114–117.

8. **Галкин, П. А.** Устойчивость оснований фундаментов зданий и сооружений на территории города Витебска / П. А. Галкин // III Машеровские чтения : матер. респ. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых, Витебск, 24–25 марта 2009 г. / Вит. гос. ун-т ; редкол.: А. Л. Гладков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2009. – С. 143–144.

9. **Галкин, П. А.** Экологическое состояние подземных вод хозяйственно-питьевого назначения территории г. Витебска / П. А. Галкин // VIII Машеровские чтения : матер. Междунар. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых, Витебск, 16–17 октября 2014 г. / Вит. гос. ун-т ; редкол.: А. П. Солодков (гл. ред.) [и др.]. – Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2014. – С. 39–40.

10. **Геологическое** строение четвертичных отложений на территории Витебска / А. Н. Галкин [и др.] // Литасфера. – 2010. – № 2 (33). – С. 107–111.

11. **Геоморфологическое** строение территории Витебска / А. И. Павловский [и др.] // Литасфера. – 2009. – № 1 (30). – С. 130–134.

12. **Голодковская, Г. А.** Геологическая среда промышленных регионов / Г. А. Голодковская, Ю. Б. Елисеев. – Москва : Недра, 1989. – 220 с.

13. **Карабанов, А. К.** Неотектоника Беларуси : автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук : 25.00.03 / А. К. Карабанов ; НАН Беларуси, Ин-т геол. наук. – Минск, 2002. – 44 с.

14. **Красовская, И. А.** Результаты комплексных инженерно-геологических исследований территории Витебска и его окрестностей / И. А. Красовская, А. Н. Галкин, П. А. Галкин // Ученые записки УО «ВГУ им. П. М. Машерова». – 2009. – Т. 8. – С. 299–314.

15. **Ошибки** в устройстве оснований и фундаментов, приводящие к разрушению зданий на территории Витебска / И. А. Красовская [и др.] // Геориск. – 2008. – № 4. – С. 18–21.

16. **Попов, И. В.** Инженерная геология СССР / И. В. Попов. – Москва : МГУ, 1961. – Ч. 1 : Общие основы региональной инженерной геологии. – 177 с.

17. **Трофимов, В. Т.** Теоретические основы региональной инженерной геологии / В. Т. Трофимов, Т. И. Аверкина. – Москва : ГЕОС, 2007. – 463 с.

Статья поступила в редакцию 19.08.2020

Рецензент А.В. Матвеев

ІНЖЫНЕРНА-ГЕАЛАГІЧНАЕ РАЯНАВАННЕ І ТЫПЫ ГЕАЛАГІЧНАГА АСЯРОДДЗЯ ТЭРЫТОРЫІ ВІЦЕБСКА

П.А. Галкін¹, А.М. Галкін², А.І. Паўлоўскі³, А.У. Шаршнёў³, У.Л. Малярэнка³

¹Віцебскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт,
прасп. Фрунзе, 27а, 210009, Віцебск, Беларусь

²Віцебскі дзяржаўны ўніверсітэт імя П.М. Машэрава,
Маскоўскі прасп., 33, 210038, Віцебск, Беларусь
E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

³Гомельскі дзяржаўны ўніверсітэт імя Ф. Скарыны,
вул. Савецкая, 104, 246019, Гомель, Беларусь
E-mail: aipavlovskiy@mail.ru

Інжынерна-геалагічныя ўмовы Віцебска сфарміраваліся ў працэсе працяглага геалагічнага развіцця. Прасторавое распаўсюджанне горных парод рознага ўзросту, генезісу, складу і стану, характар рэльефу, асаблівасці праявы прыродных геалагічных і інжынерна-геалагічных працэсаў, гідрагеалагічныя ўмовы, колькасць і магутнасць ваданосных гарызонтаў, іх узаемасувязь – усё гэта абумовіла ўнутраную складанасць структуры геалагічнага асяроддзя горада і спецыфіку ўзаемадзеяння яе кампанентаў пад уплывам інжынерна-гаспадарчай дзейнасці. Найбольш поўна прасторавыя заканамернасці будовы і ўласцівасцей геалагічнага асяроддзя могуць быць выяўлены пры правядзенні інжынерна-геалагічнага раянавання.

У адпаведнасці з агульнай схемай інжынерна-геалагічнага раянавання Беларусі, тэрыторыя Віцебска і яго наваколляў размешчана ў зоне сучлянення двух інжынерна-геалагічных рэгіёнаў другога парадку: Балтыйска-Беларускай сінеклізы і Варонежска-Цвярской антэклізы – буйных неатэктанічных структур

Цэнтральна-Еўрапейскага сектара Еўразійскай літасфернай пліты, на стыку дзвюх інжынерна-геалагічных абласцей першага парадку – дэнудацыйных сталава-астанцовых і дэнудацыйных субгарызантальных раўнін, у межах Суражскай раўніны і Віцебскага ўзвышша, у адпаведнасці з якімі аўтарамі вылучаны дзве інжынерна-геалагічныя вобласці другога парадку. Далейшае раянаванне тэрыторыі праводзілася на ўзроўні інжынерна-геалагічных раёнаў, пры выдзяленні якіх улічваліся будынак, склад і магчымасць парод чацвярцічнага ўзросту. Аналіз геалагічных разрэзаў дазволіў адасобіць у межах кожнай вобласці па некалькі раёнаў, агульная колькасць якіх склала 12, яны адлюстроўваюць разнастайнасць геалагічных разрэзаў на тэрыторыі Віцебска. З улікам маштабу карціравання разрэзы былі генералізаваны і аб'яднаны ў пэўныя тыпы будынка геалагічнага асяроддзя. Асноўнае адрозненне вылучаных тыпаў разрэзаў вызначалася магчымым спалучэннем і суадносінамі тоўшч рознага ўзросту, генезісу і складу.

Праведзенае інжынерна-геалагічнае раянаванне тэрыторыі Віцебска дазволіла выявіць асноўныя асаблівасці геалагічнага асяроддзя да глыбіні інжынерна-гаспадарчага ўздзеяння, ахарактарызаваць умовы праходжання розных працэсаў, а таксама правесці аналіз змен, якія адбываюцца ў геалагічным асяроддзі горада пад уздзеяннем працэсаў урбанізацыі.

ENGINEERING-GEOLOGICAL ZONING AND TYPES OF THE GEOLOGICAL ENVIRONMENT OF VITEBSK TERRITORY

P. Galkin¹, A. Galkin², A. Pavlovsky³, O. Shershnev³, V. Molyarenko³

¹Vitebsk State Medical University,

27a, Frunze Avenue, 210009, Vitebsk, Belarus

²Vitebsk State University named after P.M. Masherov,

33, Moscovski Avenue, 210038, Vitebsk, Belarus

E-mail: galkin-alexandr@yandex.ru

³Gomel State University named after F. Skoriny,

104, Sovetskaya str., 246019, Gomel, Belarus

E-mail: aipavlovskiy@mail.ru

Engineering-geological conditions of Vitebsk were formed in the process of long-term geological development, the spatial distribution of rocks of various ages, genesis, composition and state, the nature of the relief, the features of the manifestation of natural geological and engineering-geological processes, hydrogeological conditions, the number and thickness of aquifers, their relationship – all this predetermined the internal complexity of the structure of the geological environment of the city and the specifics of the interaction of its components under the influence of engineering and economic activities. The most complete spatial patterns of the structure and properties of the geological environment can be identified when carrying out geological engineering zoning.

In accordance with the general scheme of engineering-geological zoning of Belarus, the territory of Vitebsk and its environs is located in the junction zone of two engineering-geological regions of the second order: the Baltic-Belarusian syncline and the Voronezh-Tver antecline – large neotectonic structures of the Central European sector of the Eurasian lithospheric plate, on the junction of two engineering-geological areas of the first order – denudation table-remnant and denudation sub-horizontal plains, within the Surazh plain and the Vitebsk upland, in accordance with which the authors have identified two engineering-geological areas of the second order. Further zoning of the territory was carried out at the level of engineering-geological regions, the allocation of which took into account the structure, composition and thickness of rocks of the Quaternary age. The analysis of geological sections made it possible to isolate several districts within each region, the total number of which was 12, reflecting the variety of geological sections in the territory of Vitebsk. Taking into account the scale of the mapping, the sections were generalized and combined into certain types of the structure of the geological environment. The main difference between the identified types of sections was determined by the possible combination and ratio of strata of different age, genesis, and composition.

The conducted engineering-geological zoning of the territory of Vitebsk made it possible to identify the main features of the geological environment to the depth of the engineering and economic impact, to characterize the conditions for the occurrence of various processes, and also to analyze the changes occurring in the geological environment of the city under the influence of urbanization processes.