

Геннадий Александрович
КОЛПАШНИКОВ,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор кафедры
"Геотехника и экология в строительстве"
Белорусского национального
технического университета

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ В БЕЛАРУСИ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

FORMATION OF SOIL STRATA IN BELARUS
AND THEIR STRENGTH AND STRESS-STRAIN PROPERTIES

В статье рассмотрены особенности распространения четвертичных отложений на территории Республики Беларусь, выделены их основные комплексы, дана характеристика прочностных и деформационных свойств грунтовых толщ.

This article describes the mechanism of spreading of Quaternary deposits on the territory of the Republic of Belarus. The main complexes of Quaternary deposits have been shown and soil strata strength and stress-strain properties have been analysed.

ВВЕДЕНИЕ

Плейстоценовые (четвертичные) отложения повсеместно развиты на территории Беларуси и являются основанием практически всех инженерных сооружений. При этом наблюдается закономерное изменение состава и строения грунтов при переходе от северных районов к южным районам. Выделяются три характерные области по содержанию обломочных фракций — северная, средняя и южная. Граница между этими областями на севере республики проходит вдоль границы краевых образований поозерского оледенения, на юге — вдоль краевых образований сожского оледенения (рис. 1).

Грунтовая толща — это толща горных пород, находящаяся в зоне активного влияния инженерного сооружения. Верхняя граница в подавляющем большинстве случаев совпадает с дневной поверхностью. Положение нижней границы грунтовой толщи и, следовательно, ее мощность определяются типом сооружения и нагрузками, которые эти сооружения оказывают на основание. На карте грунтовых толщ Беларуси [1] нашли отражение особенности грунтовых толщ мощностью 10 метров.

ОСОБЕННОСТИ ГРУНТОВЫХ ТОЛЩ

В северной части Беларуси в области поозерского оледенения основным комплексом отложений является поозерский горизонт [2]. Это основной комплекс, представленный ледниковыми и водно-ледниковыми образованиями. Он занимает около 40 % площади в границах поозерского оледенения, лишь на отдельных участках перекрывается галоценовыми накоплениями (рис. 2–4).

Моренные отложения поозерского ледника распространены повсеместно, слагая обширные моренные равнины. Моренный горизонт выдержан по мощности, которая не превышает 25–30 м. Преобладающими являются твердые супеси и суглинки, реже глины — с содержанием гравия и гальки до 10 %–15 %. Поозерской морене свойственна массивная плитчатая, иногда слоистая текстура. Для верхней части грунтовой толщи характерна сланцеватость, обусловленная процессами выветривания. В толще встречаются внутриморенные образования, представленные линзами, гнездами, карманами разнозернистых песков, галечника, ленточных глин.

Типичным представителем глинистых водно-ледниковых отложений являются известные в инженерно-геологической практике ленточные глины, широко разви-

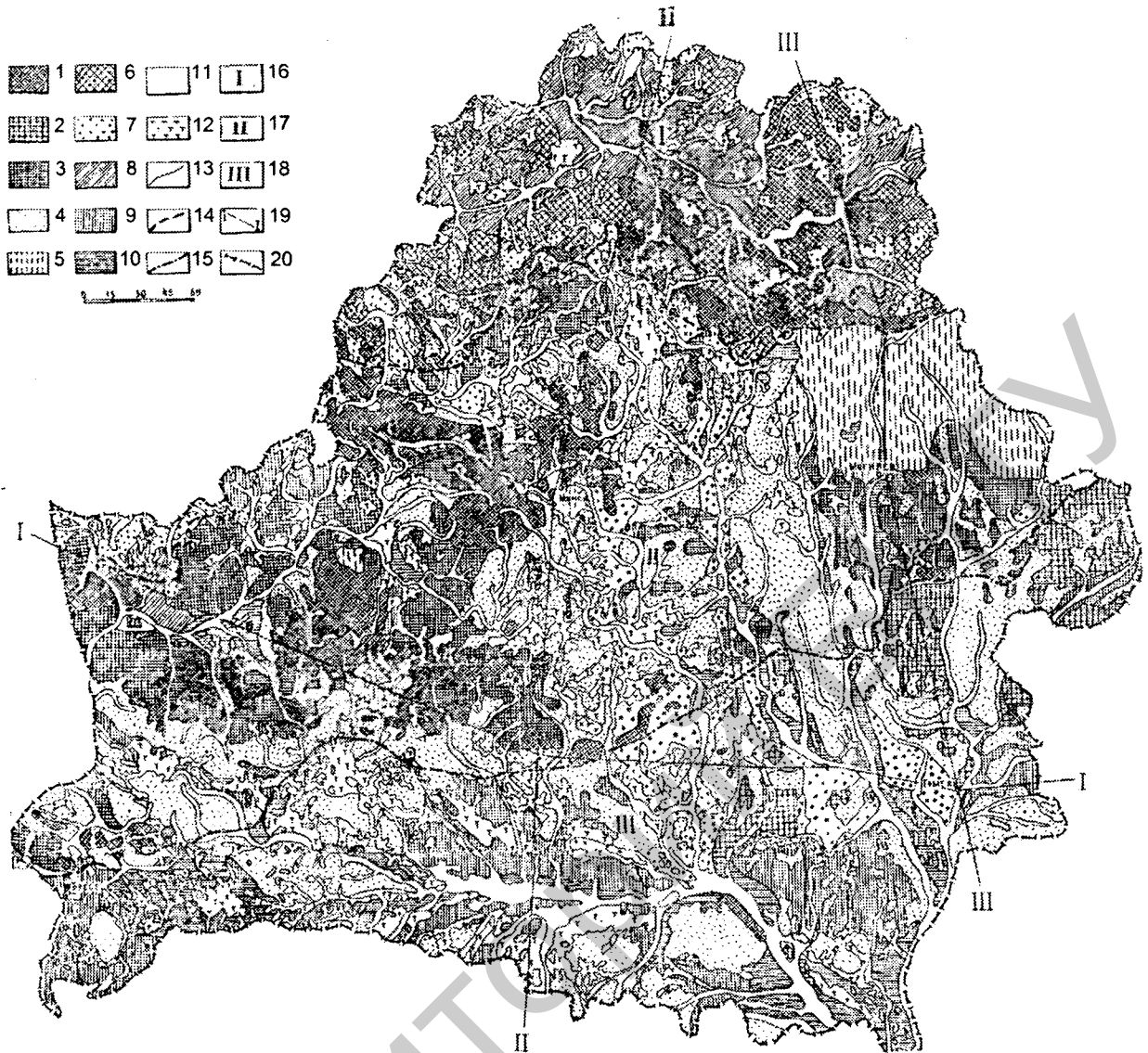
тые на севере Республики Беларусь. Они занимают значительное место в разрезе поозерских образований. Широкое развитие получили ледниково-озерные отложения в пределах Полоцкой и Дисненской низин, достигающие мощности 37 м. В северо-западном и северо-восточном направлениях ледниково-озерные грунты замещаются или перекрываются флювиогляциальными песками, залегающими на глубинах от 5–7 до 20 м. Они представлены мелкими песками с редким включением гравия и единичной гальки [3].

Для ледниково-озерных грунтов характерна параллельная горизонтальная слоистость. Также встречаются диагональная, косая, облегающая слоистости различных типов. Мощность годичных лент изменяется от нескольких миллиметров до 3–4 см. Это связано с удаленностью от источника поступления кластических осадков.

Косо- и диагональнослоистые текстуры свойственны отложениям более грубого состава по сравнению с горизонтально-слоистой толщей и представлены разнозернистым песком, иногда с гравием. Они обычно характерны для прибрежной зоны ранее существовавшего водоема. Ленточным глинам свойственна высокая пористость (до 60 %–65 %) и высокая естественная влажность. Чаще она выше влажности верхнего предела пластичности, то есть в естественных условиях глины находятся в скрыто-текущем состоянии.

Ленточные глины обладают четко выраженной анизотропией в отношении целого ряда свойств благодаря особенностям своего микростроения. В частности их водопроницаемость, являющаяся величиной небольшой, значительно выше вдоль напластования, чем перпендикулярно к нему. У песчаных и пылеватых прослоев (в основном определяющих водопроницаемость вдоль напластования) коэффициент фильтрации равен 10^{-4} – 10^{-6} см/с, а у глинистых он снижается до 10^{-8} см/с. Ленточные глины в естественном состоянии могут без значительных деформаций выдерживать нагрузки до 0,3–0,4 МПа, даже если их естественная влажность превышает верхний предел пластичности. Осадка толщи водонасыщенных ленточных глин под сооружением усиливается при переслаивании глинистых и песчаных прослоев. Последние играют роль естественных дренажей, отводящих выжимаемую из глинистых прослоев воду.

Соппротивление сдвигу ленточных глин различно в зависимости от места расположения поверхности



- 1 — конечно-моренные отложения днепровского, сожского и поозерского оледенений (суглинки, супеси, пески, песчано-гравийные отложения);
- 2 — донно-моренные отложения днепровского оледенения (суглинки, супеси, пески, песчано-гравийные отложения);
- 3 — донно-моренные отложения днепровского и сожского оледенений (суглинки, супеси, пески, песчано-гравийные отложения);
- 4 — флювиогляциальные отложения сожского оледенения (пески пылеватые, мелкие и средней крупности);
- 5 — лессовидные отложения проблематического возраста (суглинки и супеси пылеватые);
- 6 — донно-моренные отложения поозерского оледенения (суглинки, супеси, пески, песчано-гравийные отложения);
- 7 — флювиогляциальные отложения поозерского оледенения (пески пылеватые, мелкие и средней крупности);
- 8 — озерно-гляциальные отложения поозерского оледенения (глины, суглинки, реже пылеватые супеси переслаивающиеся);
- 9 — аллювиальные отложения вторых надпойменных террас (пески мелкие и пылеватые с линзами супесей, суглинков, иногда торфов);
- 10 — аллювиальные отложения первых надпойменных террас (пески пылеватые, мелкие и средней крупности);
- 11 — аллювиальные отложения пойм (пески пылеватые, мелкие, средней крупности с гравием, линзами супесей, суглинков, иногда торфов);
- 12 — озерно-болотные отложения (торф, ил, сапропели, гити, реже суглинки и пески);
- 13 — границы, разделяющие генетические типы;
- 14 — границы поозерского оледенения;
- 15 — границы сожского оледенения;
- 16 — область распространения ледниковых отложений поозерского оледенения;
- 17 — область распространения ледниковых отложений сожского оледенения;
- 18 — область распространения ледниковых отложений днепровского оледенения;
- 19 — линии геолого-литологических разрезов;
- 20 — граница Республики Беларусь

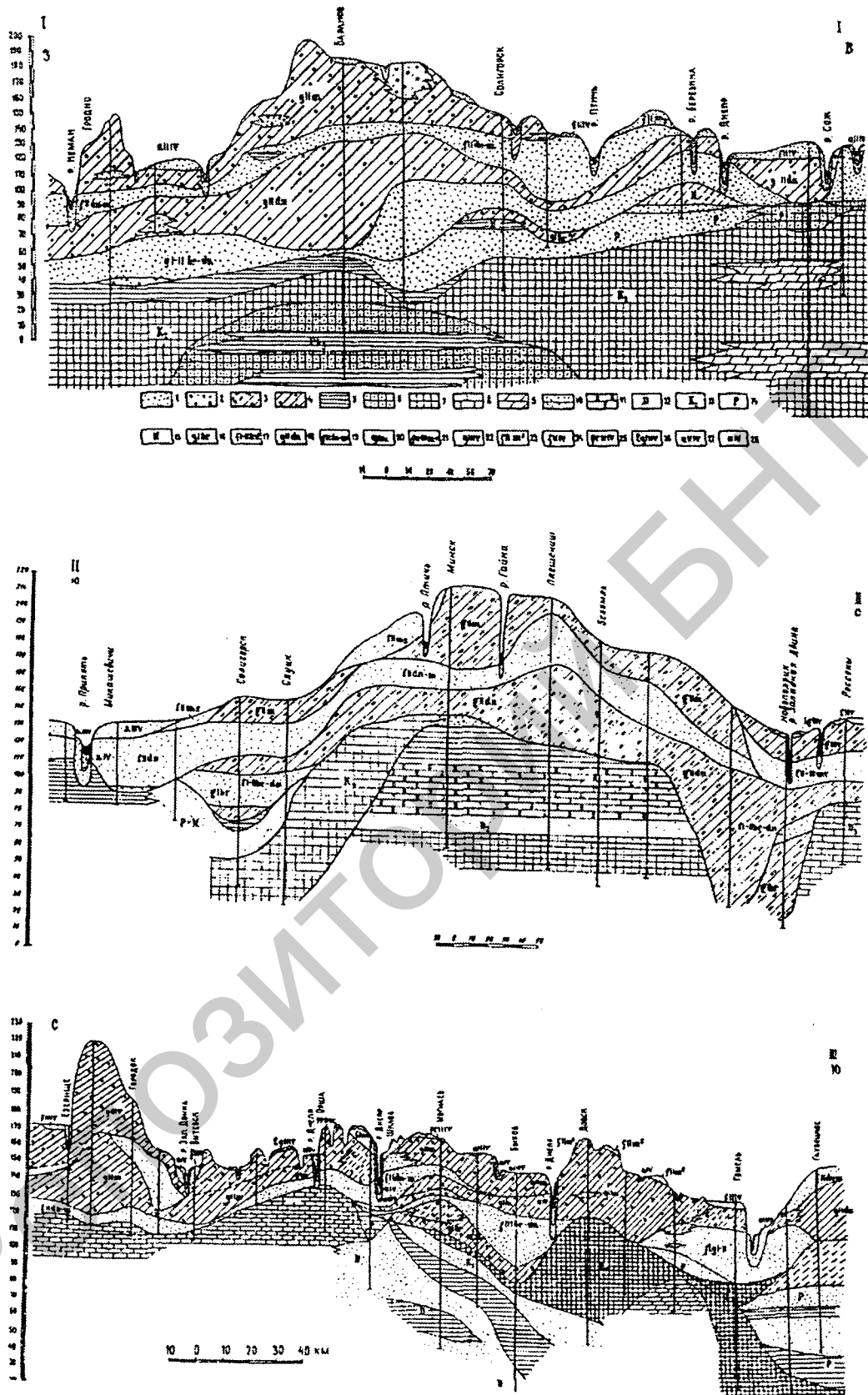
Рис. 1. Картограмма четвертичных отложений Беларуси

сдвига. Оно меньше для песчаных и больше для глинистых прослоев. Кроме того, ввиду анизотропности грунта, это сопротивление зависит от угла сдвигающего усилия по отношению к поверхности прослоев.

Центральная область, обозначенная в вышеназванных границах, характеризуется разнообразием как по вещественному составу, так и по прочностным и деформационным свойствам. Наиболее изученными являются флювиогляциальные пески, широко распространенные в пределах Березинской равнины. По данным лабораторных исследований, — они плотные и средней плотности, маловлажные. Допустимые нагрузки на них: для

пылеватых песков — 2,7 МПа, мелких песков — 4,4 МПа независимо от влажности.

Ледниковые отложения — моренные супеси и суглинки — наиболее детально были изучены на Минской возвышенности. Обычно моренные грунты имеют твердую консистенцию, реже встречаются пластичные и тугопластичные, и лишь в единичных случаях мягкопластичные. Несмотря на то, что моренные отложения в целом характеризуются значительной плотностью и слабой сжимаемостью, они в периоды переувлажнения превращаются в текучепластичные. Это свойство моренных грунтов особенно часто проявляется в верхней



- 1 — песок; 2 — песок с гравием и галькой; 3 — супесь с гравием, галькой и валунами; 4 — суглинок с гравием, галькой и валунами; 5 — глины; 6 — песчаник; 7 — мел; 8 — доломиты; 9 — известняки; 10 — мергели; 11 — протерозой; 12 — девон; 13 — мел; 14 — палеоген; 15 — неоген; 16 — морена березинского оледенения; 17 — межморенные отложения березинско-днепровского оледенения; 18 — морена днепровского оледенения; 19 — межморенные отложения днепровско-сожского оледенения; 20 — морена сожского оледенения; 21 — межморенные сожско-поозерские отложения; 22 — морена поозерского оледенения; 23 — надморенные отложения днепровского и сожского оледенений; 24 — надморенные отложения поозерского оледенения; 25 — лессовидные отложения проблематического возраста; 26 — озерно-гляциальные отложения поозерского оледенения; 27 — аллювиальные отложения первых и вторых надпойменных террас; 28 — отложения пойм

Рис. 2, 3, 4. Геолого-литологические профили по линиям I-I, II-II и III-III (см. рис. 1)

зоне, мощностью 1,5–2,0 м (иногда до 3,0 м) там, где отсутствует почвенно-растительный слой. Если средние значения предельного сопротивления сдвигу моренных супесей, суглинков и лессовидных супесей в верхней части разреза в естественном состоянии изменяются в пределах 1,3–5,8 МПа, то в переувлажненном — от 0,19 до 1,30 МПа (по данным полевых исследований методом пенетрации).

Лессовидные супеси и суглинки получили развитие на Минской, Новогрудской возвышенностях, в пределах Копыльской, Ошмянской гряд, Оршанско-Могилевского плато. Особенности инженерно-геологического изучения лессовидных грунтовых толщ связаны со сложными условиями их залегания. Мощность лессовидных пылеватых супесей и суглинков обычно невелика (до 3–5 м), но на южных и юго-западных склонах Минской возвышенности она увеличивается до 10–12 м. В ряде разрезов (Минск, Дзержинск) в лессовидных отложениях наблюдается слоистость, особенно в нижней части, а на склоновых участках она прослеживается по всей толще. На большей части территории возвышенности просадочность лессовидных супесей и суглинков отсутствует. Относительная просадочность по компрессионным и штамповым (с замачиванием) испытаниям обычно не превышает 0,01.

В составе лессовидных грунтовых толщ Минской возвышенности встречаются суглинки, реже супеси с прослоями пылеватого и мелкого песка. Естественная влажность лессовидных супесей в районе г. Минска составляет 16 %, объемный вес 1,84–2,08 г/см³, объемный вес скелета 1,60–1,82 г/см³, коэффициент пористости 0,51–0,77. Угол внутреннего трения изменяется в широких пределах — от 10° до 39° у лессовидных супесей и от 24° до 29° у суглинков; сцепление — от 0,19 до 0,26 МПа у супесей и от 0,33 до 41,00 МПа у суглинков.

По данным компрессионных испытаний, наиболее высокие значения модуля деформации (92–117 МПа) получены для грунтов твердой консистенции. Лабораторными исследованиями установлено, что супеси и суглинки теряют прочность и устойчивость в результате их способности к набуханию и размоканию. Особенно важно учитывать это обстоятельство в откосах и котлованах, которые напрямую подвергаются воздействию атмосферных осадков.

На территории Беларуси лессовидные грунты занимают около 10 % ее площади и распространены южнее главного пояса конечных морен, в основном отдельными участками и островами. Наиболее крупные из них в геоморфологическом отношении находятся в пределах Оршанско-Могилевского плато, Минской и Новогрудской возвышенностей, Мозырско-Брагинской и Копыльской гряд. Залегают лессовидные грунты в комплексе с другими генетическими типами отложений — моренными, флювиогляциальными, озерными, аллювиальными и др. Они располагаются на склонах моренных гряд и платообразных участках водоразделов рек с абсолютными отметками 140–150 м и имеют мощность от 0,5 до 10,0 (и более) метров с преобладанием в 2–4 м [4].

Относительная просадочность лессовидных грунтовых толщ была на 82 образцах, из которых просадочные свойства имели 16 образцов. При давлении 0,2–0,3 МПа относительная просадочность варьируется в пределах

0,014–0,047. Для остальных образцов, составляющих 80 % от общего числа, относительная просадочность измеряется тысячными и десятитысячными долями. Просадочные свойства наиболее характерны для лессовидных отложений Горецкого, Мстиславского и Новогрудского районов.

Значительные материальные потери связаны с деформационными процессами в набухающих грунтах, широко развитых в центральной области. Особенно отчетливо они проявились в Солигорском горнопромышленном районе, где имели место деформации зданий и сооружений, выход из строя подземных коммуникаций и др. Были проведены экспериментальные работы по изучению деформационных свойств грунтов, залегающих в основании зданий и сооружений. При свободном набухании относительное линейное приращение высоты для отдельных образцов составило порядка 0,145–0,190 и более, что позволило отнести их к набухающим грунтам. Деформация грунтов увеличивается при их промерзании, так как при подъеме уровня грунтовых вод в зоне промерзания оказываются грунты с набухающими свойствами.

Проведенные исследования определили необходимость учета изменений инженерно-геологических свойств оснований под влиянием процессов подтопления осваиваемых территорий.

Южная область, представленная с поверхности в основном песками, вместе с тем в целом ряде мест имеет сложное строение на глубине заложения фундаментов зданий и сооружений [5]. По своим специфическим особенностям грунтовые толщ отличаются по содержанию включений и условиям залегания. Вещественный состав покровных флювиогляциальных отложений представлен песками с гравием и галькой. На отдельных участках кровля песков перекрывается лессовидными слабопросадочными супесями и суглинками. В составе отложений встречаются желтые, мелкие пески с бурыми прослоями ожелезнения, что позволяет отнести их к категории плотных, цементированных грунтов. Они обладают слабой окатанностью кварцевых зерен, плотно упакованы, устойчивы при нагрузках в стенках котлованов.

Южная область занимает территорию Белорусского Полесья, где широким распространением пользуются отложения речных террас. На геологических разрезах в составе аллювиальных отложений, покрывающих супесчано-суглинистую толщу, повсеместно преобладают слоистые мелкие пески с высоким содержанием тонкодисперсной фракции и выдержанным литологическим составом по простиранию. При проектировании сооружений должно учитываться наличие на малых глубинах (порядка нескольких метров) супесей и суглинков, обладающих высокой степенью просадочности, что подтверждено бурением разведочных скважин.

Выявленные области и закономерности строения в них грунтовых толщ, их прочностные и деформационные свойства ориентируют изыскателей и проектировщиков на получение достоверных данных. Это в свою очередь обеспечит безопасное строительство инженерных объектов, исключение риска проявления опасных геологических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колпашиков, Г. А. Инженерная геология / Г. А. Колпашиков. — Минск: Технопринт, 2005. — 132 с.
2. Повловская, И. Э. Полоцкий ледниково-озерный бассейн: строение, рельеф, история развития / И. Э. Повловская. — Минск: Наука и техника, 1994. — 121 с.
3. Цапенко, М. М. Антропогенные отложения Белоруссии / М. М. Цапенко, М. А. Махнач. — Минск: Наука и техника, 1959. — 223 с.
4. Происхождение и свойства лессовидных отложений Республики Беларусь: Междунар. науч.-технич. конф. "Геотехника Беларуси: Наука и практика"; № 3–4, 2003; Г. А. Колпашиков. — С. 273–278.
5. Колпашиков, Г. А. Инженерно-геологические особенности четвертичных отложений восточной части Белорусского Полесья как оснований зданий и сооружений / Г. А. Колпашиков // Строительная наука и техника. — 2008. — № 6(21). — С. 17–19.

Статья поступила в редакцию 05.05.2011.