УДК 624.131

Т.Н.НИКОЛАЕВА, *канд канд. геол.-минерал. наук, доцент, t_nikol56@mail.ru*
Л.П.НОРОВА, *канд. геол.-минерал. наук, доцент, larisanorova@rambler.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

T.N.NIKOLAEVA, *PhD in geol. & min. sc., associate professor, t_nikol56@mail.ru*
L.P.NOROVA, *PhD in geol. & min. sc., associate professor, larisanorova@rambler.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В РАЙОНЕ ПАЛЕОДОЛИНЫ НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Рассмотрены особенности инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий в зоне палеодолины на северо-западе Санкт-Петербурга. Сделан акцент на основных аспектах комплексного освоения подземного пространства неоднородных зон.

***Ключевые слова*:** палеодолина, инженерно-геологические условия, четвертичные отложения, условия строительства.

ENGINEERING-GEOLOGICAL CONDITIONS OF BUILDING IN ZONE PALEOVALLEYS IN NORTHWEST OF SAINT PETERSBURG

The article deals with the peculiarities of engineering geological and hydrogeological conditions in the paleovalley zone in northwestern part of St. Petersburg. The paper focuses on the main aspects of complex development of underground space of heterogeneous zones.

***Key words*:** paleovalley, engineering-geological conditions, geological-structural construction, quaternary deposits, conditions of building.

Погребенные палеодолины представляют собой сложные геологические объекты с неоднородными инженерно-геологическими и гидрогеологическими разрезами. Они являются частью широко развитой гидросистемы плейстоцена, которая контролируется сетью тектонических разломов. Одним из эрозионных врезов этой гидросистемы можно считать долину широтного направления, прослеженную полосой 1,5-2,0 км в южной части Приморского и Выборгского районов на северо-западе Санкт-Петербурга. Протяженность рассматриваемой структуры (от пл. Мужества до пос. Лисий Нос) составляет 25 км (рис.1). Она выработана в глинистых породах котлинского горизонта и протягивается вдоль северного побережья Финского залива, на территории Приморской низины. Здесь предусмотрена реализация масштабных жилищных, промышленных и дорожных проектов; развитие подземных коммуникаций, высотное строительство.

Очертание погребенной долины в разрезе сложное. По данным бурения различными изыскательскими организациями многочисленных скважин, часть из которых вскрыла всю мощность четвертичных отложений, авторами построены геологические разрезы, показывающие, что в строении рассматриваемой структуры выделяются склоновые участки, террасы и тальвег, причем крутизна склонов и глубина вреза изменяются в западном направлении. В пределах

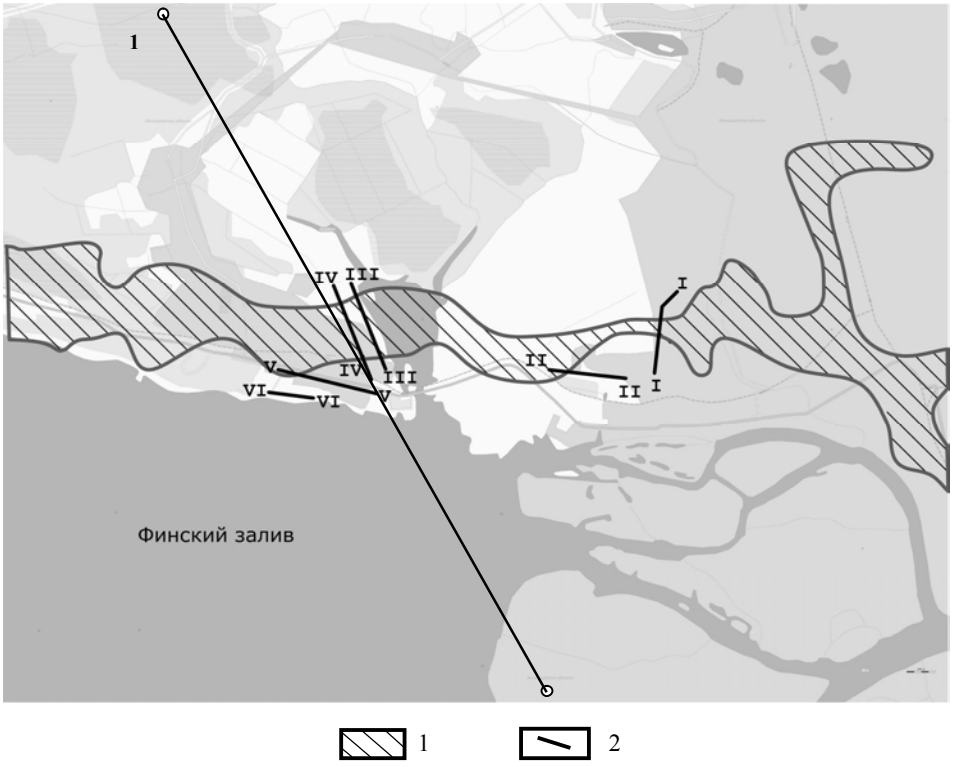


Рис.1. Схема расположения зоны палеодолины в южной части Приморского района Санкт-Петербурга (по данным ГГУП СФ «Минерал»)

1 – зона палеодолины; 2 – линия разреза

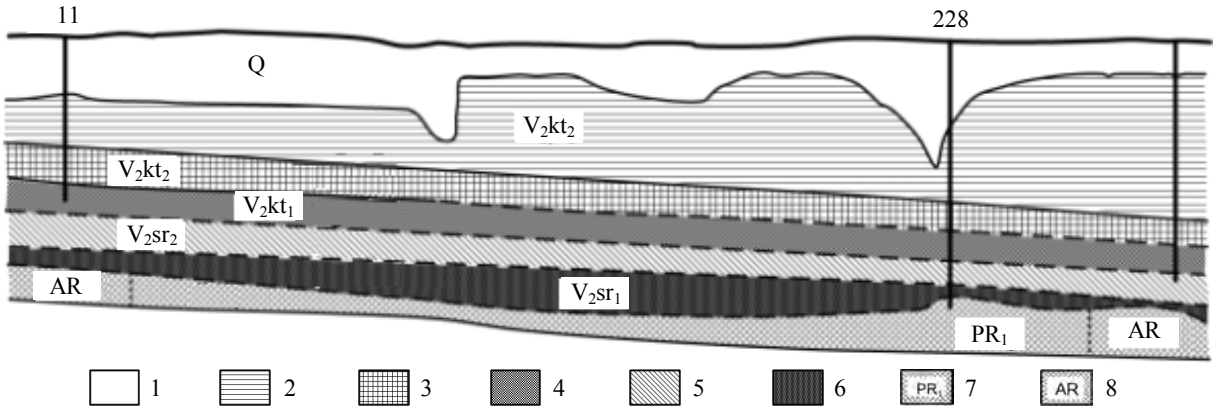


Рис.2. Разрез через зону палеодолины на северо-западе Санкт-Петербурга (по данным ГГУП СФ «Минерал»)

1 – четвертичная система, отложения нерасчлененные;

2 – вендская система, верхний отдел, котлинский горизонт, котлинская свита, верхняя подсвита, верхняя пачка, глины уплотненные зеленовато-серые;

3 – вендская система, верхний отдел, котлинский горизонт, котлинская свита, верхняя подсвита, нижняя пачка, переслаивающиеся глины, алевролиты и песчаники;

4 – вендская система, верхний отдел, котлинский горизонт, котлинская свита, нижняя подсвита, песчаники мелкозернистые, в основании разнозернистые до крупнозернистых;

5 – вендская система, верхний отдел, редкинский горизонт, старорусская свита, верхняя подсвита, глины уплотненные и аргиллиты серые и пестроцветные;

6 – вендская система, верхний отдел, редкинский горизонт, старорусская свита, нижняя подсвита, песчаники разнозернистые, в основании крупнозернистые и гравелистые;

7 – верхний протерозой, гнейсы мигматизированные;

8 – архей нерасчлененный, гнейсы мигматизированные и граниты

изученных разрезов структура оконтуривается изолиниями кровли коренных пород от минус 15 м до минус 30 м, абсолютные отметки дна – от минус 39,5 м до минус 89,6 м. Поверхность кровли дочетвертичных пород погружается в сторону Лахтинского разлива. Ширина долины по бровке меняется от 325 м (рис.1, линия разреза IV-IV) до 800 м (линия разреза I-I). Долина асимметричного строения; крутизна левого склона варьирует от 6-9° (линия разреза V-V) до 31° (линии разрезов III-III и IV-IV). На правом склоне четко выражена терраса. В нижней части склон имеет угол наклона 21°, изменяясь выше террасы до 7° (линия разреза III-III), а на разрезе IV-IV – от 3 до 19° соответственно. Долина осложнена рядом боковых притоков, направленных в сторону Финского залива (линии разрезов V-V и VI-VI).

Наличие древней эрозионной сети обуславливает неоднородность инженерно-геологического и гидрогеологического разреза. В пределах палеоврeза изменяются мощность, условия залегания пород, их состав, состояние и свойства, формируются природные и природно-техногенные процессы, нарушающие устойчивость территории. Поэтому анализ особенностей распространения и состояния погребенных речных долин имеет большое инженерно-геологическое, гидрогеологическое и геоэкологическое значение.

Разрез осадочного чехла начинается толщей песчано-глинистых пород вендской системы редкинского и котлинского горизонтов (рис.2). Непосредственно под четвертичной толщей залегает пачка верхнекотлинских глин верхнего венда (V_2kt_2). Литологически пачка выдержана как в разрезе, так и по площади, формирует региональный водоупор. Ниже верхнекотлинских глин залегает нижнекотлинский (гдовский) напорный водоносный горизонт, который входит в состав вендского водоносного комплекса. Глубина врeза палеодолины в коренные породы определяет остаточную мощность водоупора над гдовским водоносным горизонтом; в пределах тальвеговой зоны отмечается ее минимальное значение (до 25 м). Условия строительства подземных сооружений в зоне палеодолины усложняются за счет повышенной трещиноватости коренных пород.

Специальные исследования, проведенные под руководством проф. Р.Э.Дашко, показали, что в зонах тектонических разломов интенсивность трещиноватости глин максимальна, что сказывается на их прочности, деформационной способности, а также водопроницаемости [3]. Зону палеодолины, таким образом, можно рассматривать как ослабленную часть разреза коренных пород. Этот фактор необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации коллекторных тоннелей глубокого заложения и шахтных стволов.

Геологическое строение четвертичной толщи в пределах палеодолины изменчиво. Эта изменчивость сформировалась под влиянием речной эрозии и выражается в резких колебаниях мощности и разнообразии состава различных генетических типов отложений (рис.3, 4). В продольном профиле эрозионного врeза выделяются как глинистые, так и песчаные участки, служащие вместилищем напорных межморенных водоносных горизонтов.

Несмотря на огромные достижения в совершенствовании строительных технологий, обоснование технологии ведения работ на территории расположения палеодолин должно быть адекватно инженерно-геологическим условиям.

Так, например, на глубине до 10 м от поверхности располагаются и функционируют системы водоотведения, инженерные коммуникации, фундаменты неглубокого заложения. Важную роль в этой части разреза играют современные озерно-морские (m, lIV) песчано-глинистые отложения, в которых отмечается присутствие органики. Водонасыщенные песчаные разности легко переходят в плывуны, супесчаные и суглинистые прослои находятся в текучем и текучепластичном состоянии. Наличие органических соединений в этих породах создает условия для формирования анаэробной среды, также обуславливает активность жизнедеятельности микробиоты, что предопределяет высокую биокоррозионную способность

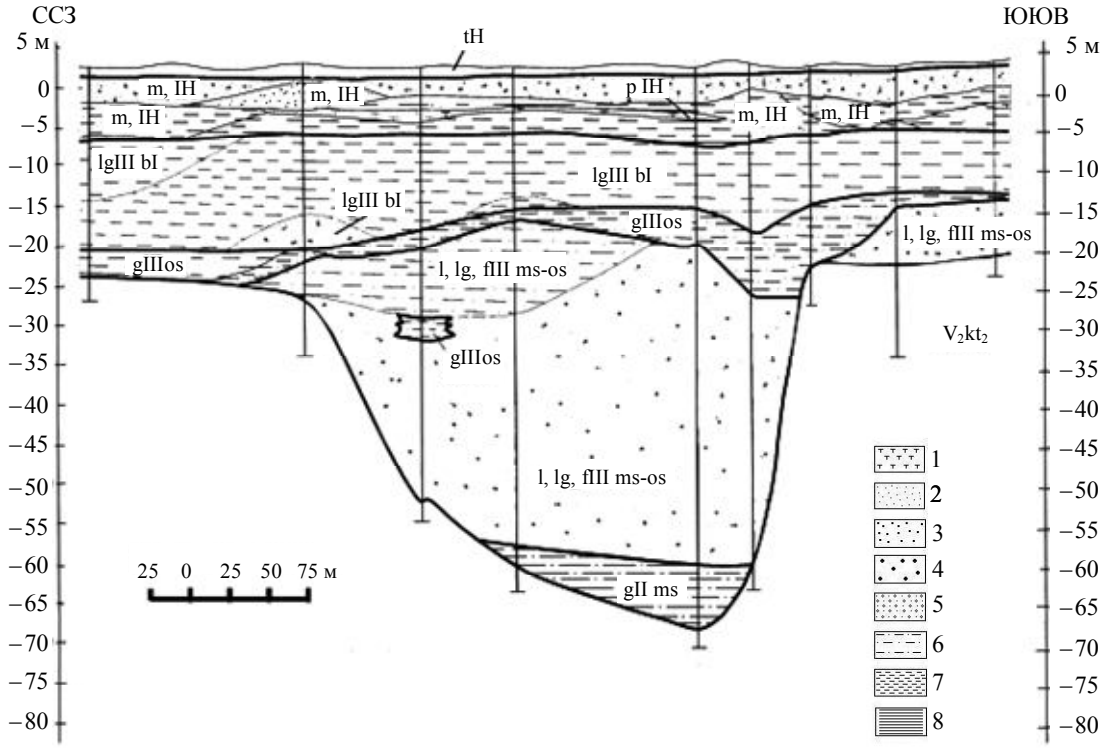


Рис.3. Геологический разрез в зоне палеодолины по линии IV-IV

1 – торф; 2 – песок мелкий, пылеватый; 3 – песок средний; 4 – песок гравелистый; 5 – гравийно-валунно-галечные отложения; 6 – супесь; 7 – суглинок; 8 – глина

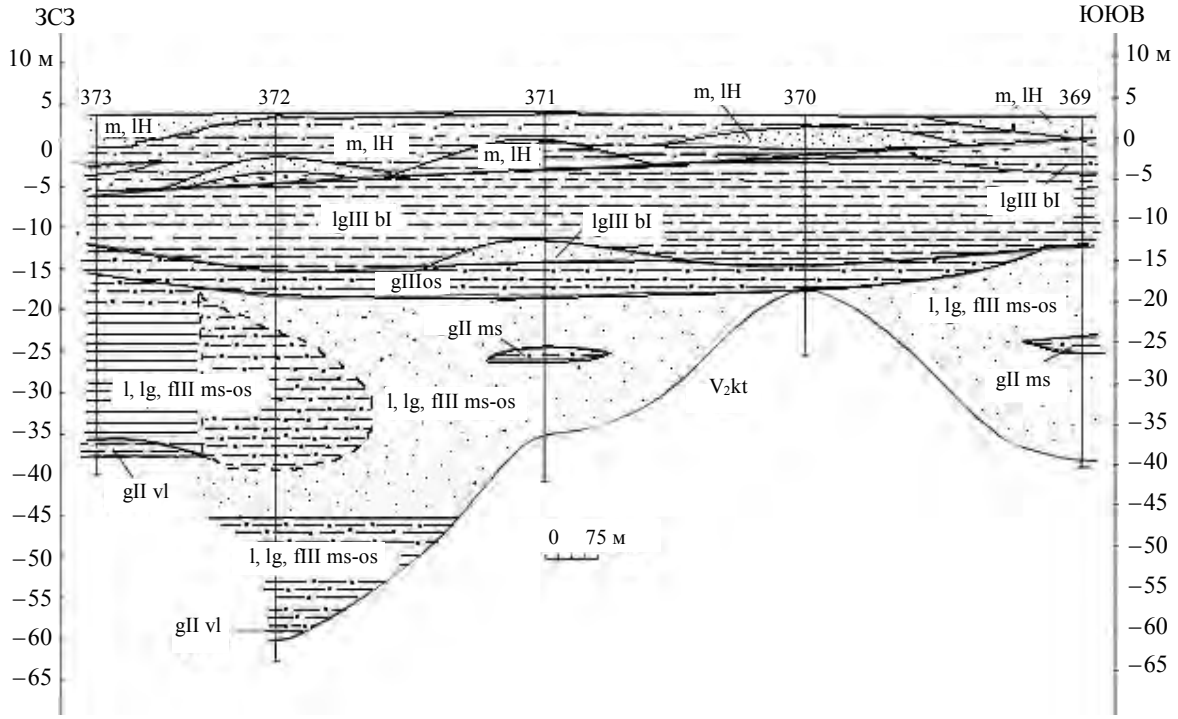


Рис.4. Геологический разрез в зоне палеодолины по линии V-V (условные обозначения см. рис.3)

по отношению к бетонам и железобетонам. Кроме того, необходимо отметить наличие торфов (p lH) в верхней части разреза, что также важно для оценки состояния четвертичной толщи [3].

На уровне 10-25 м, где расположены в основном сооружения инженерного оборудования, участки коммуникационных и транспортных тоннелей, важное место в разрезе занимают озерно-ледниковые (lgIII bl) песчано-глинистые отложения, которые содержат большое количество пылеватой фракции. При использовании метода искусственного замораживания толща озерно-ледниковых отложений способна к сильному морозному пучению. При проходке траншей и котлованов эти отложения неустойчивы, в них развиваются деформации выпора дна выработок и оплывают стенки. Следует отметить, что повышению степени неустойчивости этих отложений способствует дополнительное увлажнение за счет существования напорных вод, приуроченных к пылеватым и песчаным прослоям.

Насосные и водопроводные станции, отдельные участки канализационных коллекторов, очистные сооружения, линии метрополитена расположены на глубине от 25 до 40 м. Здесь прослеживаются в основном ледниковые отложения. В пределах рассматриваемой палеодолины по возрасту выделяются три морены. Нижний слой морены (gII vl) в пределах рассматриваемой зоны палеодолины зафиксирован в единичных скважинах в пределах тальвега. Средний моренный горизонт (gII ms) распространен шире, в нижней части четвертичной толщи с глубины от 10 м, содержит значительное количество гравийно-галечных включений. Отложения верхней осташковской морены (gIII os) являются выдержанным по площади геологическим подразделением. Литологический состав изменчив, характеризуется как супесчаными, так и суглинистыми разностями. Характерна сравнительно большая и неодинаковая глубина залегания кровли моренных отложений.

Моренные образования разного возраста местами контактируют между собой, но чаще разделены межледниковыми (межморенными) отложениями (l, lg, fIII ms-os; lgII vl-ms), которые представлены в основном песками разной крупности, суглинками от мягкопластичной до полутвердой консистенции с ленточной слоистостью, реже супесями, глинами и галечниками.

Условия строительства в зоне палеодолины сложны, а иногда весьма неблагоприятны, так как естественное основание представляет собой толщу слабых в строительном отношении пород, что создает предпосылки значительных и неравномерных осадок. Соответственно, потребуется применение специальных способов инженерной подготовки и защиты территории, которые связаны с искусственным улучшением свойств пород основания, регулированием уровня грунтовых вод и возможным развитием процесса оседания земной поверхности. Проходка подземных сооружений в районе палеодолины возможна только с использованием специальных способов (замораживание, водопонижение, под кессоном и др.).

Практически вся рассматриваемая территория зоны палеодолины относится к зоне подтопления; здесь фиксируются высокое положение уровня грунтовых вод и слабая дренированность пород. Грунтовые воды характеризуются пестрым химическим составом, в том числе часто отмечается содержание аммония, органических компонентов, неравномерная окисляемость, что необходимо учитывать при оценке их агрессивности по отношению к конструкционным материалам канализационных систем и материалу фундаментов неглубокого заложения (см. таблицу) [2].

В пределах изучаемой территории внутри супесей и суглинков верхнего горизонта морены спорадически встречаются водоносные песчаные линзы и прослои. Воды напорные; напор зависит от глубины залегания линз. Для безопасной проходки котлованов, тоннелей, шахтных стволов на таких участках необходимо иметь точные сведения о возможности прорывов напорных вод и плывунов в горные выработки.

В межморенных песчаных отложениях палеодолины сосредоточены значительные запасы пресных подземных вод, защи-

Химический состав подземных вод

Параметры	Подземные воды					Межморенный водоносный комплекс
	Берег Финского залива		Лесопарковая зона		Юнтоловский заказник	
Ca^{2+}, мг/дм^3	22,0	14,0	12,0	10,0	10,0	–
Mg^{2+}, мг/дм^3	29,2	8,5	4,9	7,3	7,3	–
$Na^{+}+K^{+}$, мг/дм^3	60,0	89,6	66,0	34,5	34,5	–
SO_4^{2-}, мг/дм^3	59,3	52,7	80,2	18,1	18,1	0,4-70,0
Cl^{-}, мг/дм^3	56,7	49,6	14,2	21,3	21,3	7,1-124,1
NCO_3^{-}, мг/дм^3	207,4	170,8	109,8	128,1	128,1	–
NO_3^{-}, мг/дм^3	1,54	1,64	1,12	5,77	5,77	0-3,0
NO_2^{-}, мг/дм^3	0,30	сл	0,24	0,00	0,00	–
NH_4^{+}, мг/дм^3	1,49	1,26	2,1	3,45	3,45	–
$Fe^{2+}+Fe^{3+}$, мг/дм^3	2,1	2,9	6,8	10,5	10,6	0,3-13,1
Минерализация, мг/дм^3	444,0	324,0	248,0	184,0	184,0	115,1-513,8
Общая жесткость, мг-экв/дм^3	–	–	1,0	1,1	–	1,3-5,9
Перманганатная окисляемость, мг O_2/дм^3	8,0	18,6	9,70	32,0	32,0	0,64-13,6
CO_2 агрес., мг/дм^3	22,0	13,2	0,0	11,0.	11,0	–
pH	6,51	6,66	6,52	5,77	5,77	6,8-8,2

щенность которых можно охарактеризовать как невысокую. Причиной являются близкое к поверхности залегание кровли первого межморенного водоносного горизонта; разнородный литологический состав верхнего водоупора; повсеместная загрязненность горизонта грунтовых вод; существование «гидрогеологических окон», где верхний водоупор выклинивается, и другие факторы. Оценивая гидрогеологическую ситуацию в зоне палеодолины, отдельно важно решать вопросы охраны участков распространения месторождений пресных подземных вод, основные ресурсы которых связаны с межморенными водоносными горизонтами. При этом в ходе изыскательских работ буровые скважины необходимо надежно обсаживать и впоследствии ликвидировать во избежание перетоков подземных вод из одних горизонтов в другие.

Важно также учитывать изменение пьезометрического уровня в нижнекотлинском водоносном горизонте, которое отражается на изменении деформационных свойств горных пород и понижении устойчивости самих инженерных сооружений.

Таким образом, инженерно-геологические условия в зоне палеодолины в целом характеризуются как неблагоприятные для всех видов строительства, поэтому требуется детальное изучение всех компонентов геологической среды. На предпроектной стадии изысканий важным звеном является инженерно-геологическое районирование. При строительстве сложных объектов, а также для решения задач охраны месторождений подземных вод рекомендуется разработка структуры локального комплексного мониторинга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологический атлас Санкт-Петербурга. СПб, 2009. 57 с.

2. *Норова Л.П.* Сравнительная оценка геоэкологических условий территорий различного функционального назначения в Приморском районе Санкт-Петербурга /Л.П.Норова, Т.Н.Николаева // Гидрогеология и карстоведение: Межвуз. сб. науч. трудов. Пермь – Оренбург, 2009. Вып. 18. С.154-160.

3. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга / Р.Э.Дашко, О.Ю.Александрова, П.В.Котюков, А.В.Шидловская // Развитие городов и геотехническое строительство. 2011. № 13. С.25-71.

REFERENCES

1. Geological Atlas of St. Petersburg. Saint Petersburg, 2009. 57 p.

2. *Norova L.P., Nikolayeva T.N.* Comparative Assessment of Geoecological Conditions of Different function Territories in Primorsky District of St. Petersburg // Hydrogeology and Karstology. Perm – Orenburg, 2009. V.18. P.154-160.

3. *Dashko R.E., Alexandrova O.Yu., Kotyukov P.V., Shidlovskaya A.V.* Specific features of engineering geological conditions of St. Petersburg // Development of Towns and Geotechnical Construction. 2011. № 13. P.25-71.