



Правительство Санкт-Петербурга

Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности

# ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Geoinform  
LIFE06 TCY/ROS/000267



Издано при поддержке  
Европейского Союза

Санкт-Петербург  
2009

Г 36 **ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АТЛАС САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**, СПб, Комильфо, 2009, - 57 с.  
ISBN 978-5-91339-080-6

Геологический атлас Санкт-Петербурга создан в рамках международного проекта «Использование геологической информации в управлении городской средой для предотвращения геологических рисков (GeoInforM)». Проект был реализован под руководством Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга (КПООС) при финансовой поддержке программы Европейской Комиссии «Лайф Третьи страны» в сотрудничестве с Геологической службой Финляндии, Правительством провинции Милана (Италия), Министерством городского развития и охраны окружающей среды Гамбурга (Германия) и Санкт-Петербургским ГГУП «Специализированная фирма «Минерал». В работе над атласом принимали участие: федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.П.Карпинского» (ФГУП «ВСЕГЕИ»), Северо-западный филиал Российского федерального геологического фонда (СЗФ Росгеолфонд), Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал» (ГГУП СФ Минерал), Геологическая служба Финляндии (ГТК).

Атлас включает 8 разделов, отражающих особенности состояния геологической среды на территории города. В него вошли сведения о геологическом строении; гидрогеологическая и инженерно-геологическая характеристика территории; данные о геологическом строении дна акватории Финского залива; зоны проявления современных геологических процессов. Особое место в Атласе занимает раздел «Интегральная оценка геологических рисков», посвященный современным геологическим процессам, оказывающим негативное влияние на городскую среду.

Геологический атлас Санкт-Петербурга может быть использован для учета особенностей подземного пространства в процессе его освоения, снижения экологических и эколого-геологических рисков при разработке и реализации планов по развитию города.

Английская версия Атласа представлена на компакт-диске.

**Ответственный редактор:** Н.Б. Филиппов (ГГУП СФ Минерал, к.г.-м.н.)

**Научный редактор:** М.А. Спиридонов (заведующий отделом ФГУП «ВСЕГЕИ», д.г.-м.н., академик РАН)

**Члены редколлегии:** Д.А. Голубев (председатель КПООС, к.г.-н.), Н.Д. Сорокин (заместитель председателя КПООС, к.ф.-м.н.), И.А. Серебрицкий (начальник управления КПООС, к.г.-м.н.), Д.А. Франк-Каменецкий (начальник отдела КПООС, к.г.-м.н.), Г.И. Сергеева (начальник сектора КПООС), Г.А. Стуккей (директор СЗФ Росгеолфонд, к.г.-м.н.), И.В. Богатырев (заместитель директора ГГУП СФ Минерал).

**Коллектив авторов.**

Т.С. Бахарева (ГГУП СФ Минерал), В.А. Жамойда (к.г.-м.н., ФГУП «ВСЕГЕИ»), С.Э. Зубарев (к.г.-м.н., ГГУП СФ Минерал), Й.Кляйн (ГТК), В.И. Мишин (СЗФ Росгеолфонд), Ю.А. Могиленко (ГГУП СФ Минерал), Е.В. Нестерова (ФГУП «ВСЕГЕИ»), Д.В. Рябчук (к.г.-м.н., ФГУП «ВСЕГЕИ»), Г.Б. Савенкова (ГГУП СФ Минерал), Г.И. Сергеева (КПООС), И.А. Серебрицкий (к.г.-м.н., КПООС), Г.А. Стуккей (к.г.-м.н., СЗФ Росгеолфонд), О.В. Томилина (ГГУП СФ Минерал), Е.С. Федотова (ГГУП СФ Минерал), Г.Н. Федько (ГГУП СФ Минерал), Д.А. Франк-Каменецкий (к.г.-м.н., КПООС), Я. Ярва (ГТК).

Дизайн обложки К.И. Богатырева.

**GEOLOGICAL ATLAS OF ST. PETERSBURG**, St. Petersburg, 2009, Comilfo, - 57 pp.  
ISBN 978-5-91339-080-6

The Geological Atlas of St. Petersburg has been produced in the framework of the international project "Integrating Geological Information in City Management to Prevent Environmental Risks (GeoInforM)". The Project was implemented under the aegis of the Committee for Nature Use, Environmental Protection, and Ecological Safety of St. Petersburg (CEP) with financial support of the European Commission "Life Third Countries" in cooperation with the Geological Survey of Finland, the Province of Milan, Italy, State Ministry of Urban Development and Environment, Free and Hanseatic City of Hamburg, Germany, and St. Petersburg State Geological Company "Mineral", Russia. Following enterprises took part in the compilation of the Atlas: Federal State Unitary Enterprise A.P. Karpinsky All Russian Geological Research Institute (FGUP VSEGEI), Northwestern branch of the Russian Federal Geological Archive (SZF Rosgeolfond), St. Petersburg State Geological Company "Mineral" (SC Mineral), Geological Survey of Finland (GTK).

The Atlas includes eight sections reflecting the state of geological environment of the city. It contains information on the geological structure, hydrogeological structure, hydrogeological and engineering geological characteristic of the area, data on geological structure of the bottom of the Gulf of Finland, zones of recent geological processes. The section "Integral assessment of geological risks" devoted to current geological processes that affect negatively the urban environment takes a special position in the Atlas.

The Geological Atlas of St. Petersburg can be used for accounting characteristics of the subsurface space in the process of its development, environmental and ecogeological risk mitigation during the elaboration and realization of urban development plans.

The English version of the Atlas is available on CD.

**Managing editor:** N.B. Philippov (director, SC Mineral, cand. geol.-min. sc.),

**Scientific editor:** M.A. Spiridonov (head of FGUP VSEGEI department, doctor of geological and mineralogical sciences, academician of the Russian Academy of Natural Sciences)

**Members of the Editorial Board:** D.A. Golubev (chairman of CEP, cand. geogr. sc.), N.D. Sorokin (vice-chairman of CEP, cand. phys.-math. sc.), I.A. Serebritsky (head of department, CEP, cand. geol.-min. sc.), D.A. Frank-Kamenetsky (head of division, CEP, cand. geol.-min. sc.), G.I. Sergeeva (head of sector, CEP), G.A. Stukkey (Director, SZF Rosgeolfond, cand. geol.-min. sc.), I.V. Bogatyrev (deputy director, SC Mineral)

**Team of authors:**

T.S. Bakhareva (SC Mineral), V.A. Zhamoida (cand. geol.-min. sc., FGUP VSEGEI), S.E. Zubarev (cand. geol.-min. sc., SC Mineral), J.Klein (GTK), V.I. Mishin (SZF Rosgeolfond), Yu.A. Mogilenko (SC Mineral), E.V. Nesterova (FGUP VSEGEI), D.V. Ryabchuk (cand. geol.-min. sc., FGUP VSEGEI), G.B. Savenkova (SC Mineral), G.I. Sergeeva (CEP), I.A. Serebritsky (cand. geol.-min. sc., CEP), G.A. Stukkey (cand. geol.-min. sc., SZF Rosgeolfond), O.V. Tomilina (SC Mineral), E.S. Fedotova (SC Mineral), G.N. Fedko (SC Mineral), D.A. Frank-Kamenetsky (cand. geol.-min. sc., CEP), J. Jarva (GTK).

Cover design by K.I. Bogatyreva.



Геологический атлас Санкт-Петербурга составлен при финансовой поддержке Европейского Союза в рамках международного проекта «Использование геологической информации в управлении городской средой для предотвращения экологических рисков (GeoInforM)» LIFE06 TCY/ROS/000267

The Geological Atlas of St. Petersburg has been produced with the financial support of the European Union in the framework of the Project "Integrating Geological Information in City Management to Prevent Environmental Risks (GeoInforM)" LIFE06 TCY/ROS/000267

**Бенефициар проекта «GeoInforM»:**



Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга  
Committee for Nature Use, Environmental protection and Ecological Safety, the Government of St. Petersburg

**Партнеры проекта «GeoInforM»:**



Государственное министерство городского развития и охраны окружающей среды Свободного и Ганзейского города Гамбурга, Германия

State Ministry of Urban Development and Environment, Free and Hanseatic City of Hamburg, Germany



Правительство провинции Милана, Италия  
Province of Milan, Italy



Геологическая служба Финляндии  
Geological Survey of Finland



Санкт-Петербургское государственное геологическое унитарное предприятие «Специализированная фирма «Минерал», Россия  
St. Petersburg State Geological Company "Mineral, Russia

За содержание настоящего издания несут ответственность исключительно Бенефициар и партнеры проекта «GeoInforM», и оно ни в коем случае не может рассматриваться как отражение позиции Европейского Союза.

The contents of the present publication are the sole responsibility of the Beneficiary and the partners of GeoInforM project and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.

ISBN 978-5-91339-080-6

© Коллектив авторов, 2009

© Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга, 2009

## Оглавление

Введение.....	4
1. Физико-географический очерк.....	5
2. История геологических исследований территории Санкт-Петербурга.....	6
3. Геоморфология.....	9
<i>Карты:</i>	
Геоморфологическая карта (масштаб 1: 350 000).....	10
4. Геологическое строение.....	11
4.1. Дочетвертичные образования.....	11
4.2. Четвертичные образования.....	11
4.3. Поверхностные образования дна акватории.....	12
4.4. Тектоника, неотектоника.....	12
<i>Карты:</i>	
Геологическая карта дочетвертичных образований (масштаб 1:200 000).....	14-15
Геологическая карта четвертичных образований суши (масштаб 1:200 000).....	16-17
Геологическая карта четвертичных образований Невской губы и восточной части Финского залива (масштаб 1:200 000).....	18
Литологическая карта поверхности дна Невской губы и восточной части Финского залива (масштаб 1:200 000).....	19
Геологическая схема кристаллического фундамента (масштаб 1:350 000).....	20
Схема современной тектонической активизации (масштаб 1:350 000).....	20
5. Гидрогеологическое строение и инженерно-геологические условия.....	21
5.1. Гидрогеологическое строение.....	21
5.2. Инженерно-геологические условия.....	22
<i>Карты:</i>	
Гидрогеологическая карта четвертичных образований (масштаб 1:200 000).....	24-25
Гидрогеологическая карта дочетвертичных образований (масштаб 1:200 000).....	26-27
Инженерно-геологическая карта дневной поверхности (масштаб 1:200 000).....	28-29
Инженерно-геологическая карта дневной поверхности центральной части города (масштаб 1:50 000).....	30-31
Инженерно-геологическая карта среза 10 м (масштаб 1:200 000).....	32-33
Инженерно-геологическая карта среза 10 м центральной части города (масштаб 1:50 000).....	34-35
6. Полезные ископаемые.....	36
7. Состояние геологической среды и проявленные в ней экзогенные процессы.....	38
7.1. Экзогенные геологические процессы.....	38
7.2. Подземные газы.....	40
7.3. Влияние эксплуатации подземных вод на состояние геологической среды (на примере вендского водоносного комплекса).....	40
7.4. Геологические и гидрогеологические условия наземного строительства.....	41
<i>Карты:</i>	
Схема проявлений экзогенных геологических процессов (масштаб 1:200 000).....	42-43
Схема проявления подземных газов (масштаб 1:1 000 000).....	44
Схема проявления биогазов (масштаб 1:200 000).....	44
Схемы развития пьезометрических уровней вендского водоносного комплекса, схематический разрез.....	45
Схема районирования по условиям наземного строительства (масштаб 1:200 000).....	46-47
8. Интегральная оценка геологических рисков.....	48
<i>Карты:</i>	
Карты геологических рисков (масштаб 1:600 000).....	51
Карта рисков, обусловленных пригодностью территории для наземного строительства (масштаб 1:200 000).....	52-53
Карта комплексного геологического риска (масштаб 1:200 000).....	54-55
Заключение.....	56
Литература.....	56

## Table of Contents

Introduction.....	4
1. Physiographic s review.....	5
2. History of geological investigations in Saint Petersburg.....	6
3. Geomorphology.....	9
<i>Maps:</i>	
Geomorphologic map (scale 1: 350,000).....	10
4. Geological structure.....	11
4.1. Pre-Quaternary deposits.....	11
4.2. Quaternary deposits.....	11
4.3. Surface deposits of the sea floor.....	12
4.4. Tectonics, neotectonics.....	12
<i>Maps:</i>	
Geological map of Pre-Quaternary deposits (scale 1:200,000).....	14-15
Geological map of Quaternary deposits of land (scale 1:200,000).....	16-17
Geological map of Quaternary deposits in the Neva Inlet and the eastern Gulf of Finland (scale 1:200,000).....	18
Lithologic map of the bottom surface in the Neva Inlet and eastern Gulf of Finland (scale 1:200 000).....	19
Geological map of the crystalline basement (scale1:350,000).....	20
Map of recent tectonic activation (scale 1:350,000).....	20
5. Hydrogeological structure and engineering-geological conditions.....	21
5.1. Hydrogeological structure.....	21
5.2. Engineering-geological conditions.....	22
<i>Maps:</i>	
Hydrogeological map of Quaternary deposits (scale 1:200,000).....	24-25
Hydrogeological map of Pre-Quaternary deposits (scale 1:200,000).....	26-27
Engineering-geological map of the day surface (scale 1:200,000).....	28-29
Engineering-geological map of the day surface in the city centre (scale 1:50,000).....	30-31
Engineering-geological map of the 10-metre depth slice (scale 1:200,000).....	32-33
Engineering-geological map of the 10-metre depth slice in the city centre (scale 1:50,000).....	34-35
6. Mineral resources.....	36
7. State of geological environment and exogenous geological processes.....	38
7.1. Exogenous geological processes.....	38
7.2. Underground gases.....	40
7.3. Effect of ground water management on the state of geological environment: case study of the Vendian aquifer system.....	40
7.4. Geological and hydrogeological construction constrains.....	41
<i>Maps:</i>	
Map of exogenous geological processes (scale 1:200,000).....	42-43
Map of underground gas shows (scale 1:1,000,000).....	44
Map of biogas shows (scale 1:200,000).....	44
Maps of piezometric levels in the Vendian aquifer system, Diagrammatic section.....	45
Zoning map in respect of construction constrains (scale 1:200,000).....	46-47
8. Integrated geological risks assessment.....	48
<i>Maps:</i>	
Geological risk maps (scale 1:600,000).....	51
Risk map in respect of construction constrains (scale 1:200,000).....	52-53
Map of integrated geological risks assessment (scale 1:200,000).....	54-55
Conclusions.....	56
References.....	56

Состояние природной среды и ее влияние на деятельность человека в настоящее время является одной из фундаментальных проблем человечества. Взаимодействие человека и окружающей среды играет особую роль в развитии крупных городов. В условиях развития высотного строительства на фоне интенсивного использования подземного пространства многократно возрастает нагрузка на геологическую среду, оказывая влияние на устойчивость и стабильность развития города.

В свою очередь, городские недра являются источником природных ресурсов, среди которых важнейшим является пресная вода. Многие города мира, такие как Гамбург, Милан и другие, фактически полностью обеспечивают свои потребности в питьевой воде за счет подземных источников.

В связи с этим в настоящее время особое значение приобретает учет особенностей геологического строения территории при городском планировании. Выбор оптимального с геологической точки зрения решения еще на этапе проектирования позволяет не только во много раз сократить затраты на реализацию проекта, но и многократно снизить экологический риск, обусловленный чрезмерной нагрузкой на геологическую среду.

Решение поставленной задачи требует качественной, детальной, точной и комплексной геологической информации. Изменения, внесенные Федеральным законом 122-ФЗ от 22.08.04 в Закон Российской Федерации «О недрах», существенно расширили полномочия субъектов РФ в сфере регулирования вопросов недропользования. В соответствии с этими изменениями субъектам Российской Федерации даются полномочия по предоставлению участков недр в пользование, организации лицензирования и контроля в области недропользования, а также, что особенно важно для Санкт-Петербурга, по ведению территориального фонда геологической информации. Данные, содержащиеся в этом фонде, послужили основой для создания Геологического Атласа Санкт-Петербурга.

Атлас включает 8 разделов, отражающих фактически все особенности состояния геологической среды на территории города. В него вошли сведения о геологическом строении в возрастном интервале от Докембрия до современности; гидрогеологическая и инженерно-геологическая характеристика территории; данные о геологическом строении дна акватории Финского залива; а также информация о проявлении современных геологических процессов.

Атлас представляет собой современный взгляд на особенности геологического строения территории Санкт-Петербурга. Он интегрирует не только данные многочисленных геологических и гидрогеологических исследований, но так же и результаты мониторинга геологической среды, включающего регулярные наблюдения за современными геологическими процессами и состоянием подземных вод. При составлении карт, представленных в Атласе, были использованы самые современные принципы стратиграфического подразделения геологических и гидрогеологических разрезов.

Особое место в Атласе занимает раздел геологических рисков. Этот раздел содержит не только описание современных геологических процессов, оказывающих воздействие на территорию города, но и новый подход к районированию территории с точки зрения геологических рисков. Карты геологических рисков на территории Санкт-Петербурга были составлены в сотрудничестве с коллегами из Геологической службы Финляндии, имеющими богатый опыт в оценке геологических рисков для различных территорий в различных странах мира. Все карты Атласа сопровождаются пояснительными текстами, таблицами и другими иллюстративными материалами.

При подготовке Атласа использованы материалы ведущих отраслевых организаций и научно-исследовательских институтов города. В работе над Атласом принимали участие специалисты Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга, федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.П.Карпинского», Северо-западного филиала Российского федерального геологического фонда, Санкт-Петербургского государственного геологического унитарного предприятия «Специализированная фирма «Минерал» и Геологической службы Финляндии.

Геологический Атлас Санкт-Петербурга, как современное обобщение геологической информации, учитывающее существующие многочисленные, различные по форме и содержанию геологические материалы, нацелен на использование для разработки и реализации планов по развитию города, основанных на принципах рационального использования подземного пространства и природных ресурсов. При рассмотрении в Атласе истории геологических исследований в городе подчеркивается не только ее периодизация и направленность, но и тот факт, что Санкт-Петербург является «колыбелью» отечественной геологии.

Геологический Атлас Санкт-Петербурга составлен в результате работ по Международному проекту «Использование геологической информации в городском планировании для предотвращения геологических рисков (GeoInforM)». Проект был реализован при финансовой поддержке Программы Европейской Комиссии «Лайф Третьи страны» в сотрудничестве с Геологической Службой Финляндии, Правительством провинции Милана (Италия), Министерством городского развития и охраны окружающей среды Гамбурга (Германия) и Санкт-Петербургским ГГУП «Специализированная фирма «Минерал»». Основная цель проекта была сформулирована как повышение эффективности управления в сфере охраны окружающей среды за счет учета особенностей геологического строения при принятии решений по развитию городской инфраструктуры Санкт-Петербурга.

The status of natural environment and its influence on the human activity is now one of fundamental problems of mankind. Interaction between the human being and the environment plays a particular role in the development of large cities. With the development of high-rise construction against intensive use of underground space, the load on the geological environment increases greatly affecting the sustainable development of large city.

In turn, the city's subsurface is a source of natural resources, among which fresh water is of the greatest importance. Many cities in the world, such as Hamburg, Milan, Paris and others almost completely satisfy their demand in potable water due to groundwater sources.

In this regard, at present, accounting peculiarities of the geological structure of the area is of particular significance in urban planning. Selection of the best solution in terms of geology at the stage of design allows us not only to reduce essentially the project costs, but also to reduce manifold the environmental risk caused by excessive load on the geological environment.

The solution of the problem requires high-quality, detailed, accurate and comprehensive geological information. Amendments made in Federal Law 122-FZ of 22.08.04 to the RF Law "On Subsoil", substantially increased powers of constituent entities of the Russian Federation in the field of regulation of subsoil use problems. In accordance with these amendments, the constituent entities of the Russian Federation are given the authority to grant subsoil plots for use, organization of licensing and monitoring in the field of subsoil use, as well as for the management of the territorial archive of geological information that is of great importance for St. Petersburg. Data kept in the Archive served as the basis for the compilation of the Geological Atlas of St. Petersburg.

The Atlas consists of eight sections, reflecting almost all the features of the state of the geological environment in the city. It includes information about the geological structure of the city in the age interval from the Precambrian till nowadays, hydrogeological and engineering and geological characteristics of the area, data on the geological structure of the bottom of the Gulf of Finland and Neva Inlet, as well as information about recent geological processes.

This Atlas is a modern view of features of St. Petersburg' geological structure. It integrates not only data of numerous geological and hydrogeological studies, but also results of monitoring the geological environment, which includes regular monitoring current geological processes and the groundwater state. The most recent principles of stratigraphic subdivision of geological and hydrogeological sections were used in compiling the maps presented in the Atlas.

Special place in the Atlas is given to the integrated assessment of geological risks. This section contains not only a description of recent geological processes that have a negative impact on the urban infrastructure, but also a new approach to zoning in respect of geological risks. Geological risk maps of St. Petersburg were compiled in cooperation with colleagues from the Geological Survey of Finland having wide experience in the assessment of geological risks for various areas in different countries of the world. All of the Atlas maps are accompanied by explanatory texts, tables and other illustrative material.

In preparation of the Atlas, the authors used information presented by leading industry enterprises and research institutes of the city. Specialists of following enterprises took part in the compilation of the Atlas: Committee for Nature Use, Environmental Protection, and Ecological Safety of St. Petersburg, Federal State Unitary Enterprise A.P. Karpinsky All Russian Geological Research Institute, Northwestern branch of the Russian Federal Geological Archive, St. Petersburg State Geological Company "Mineral", and Geological Survey of Finland.

Geologic Atlas of St. Petersburg, as the most recent synthesis of the geological information taking into account existing numerous geological materials of various forms and contents, is aimed to be used in elaboration and implementation of plans for urban development based on principles of rational use of subsoil space and natural resources. In considering in the Atlas the history of geological investigations in the city, the authors highlighted not only their periodization and purposefulness, but also the fact that St. Petersburg is a "cradle" of national geology.

The Geological Atlas of St. Petersburg is a result of work under the international project "Integrating Geological Information in City Management to Prevent Environmental Risks (GeoInforM)". The Project was implemented under the aegis of the Committee for Nature Use, Environmental Protection, and Ecological Safety of St. Petersburg (CNUEP) with financial support of the European Commission "Life Third Countries" in cooperation with the Geological Survey of Finland, the Province of Milan, Italy, State Ministry of Urban Development and Environment, Free and Hanseatic City of Hamburg, Germany, and St. Petersburg State Geological Company "Mineral", Russia. The main goal of the project was formulated as more efficient management in the sphere of the environmental protection by taking into account peculiarities of the geological structure in decision-making on urban infrastructure development in St. Petersburg.

## 1. Физико-географический очерк

*St. Petersburg is one of the largest cities in Russia with population of more than 4.5 million inhabitants covering an area of about 1400 km<sup>2</sup>. It is main economic centre of the North-West Economic Region, cultural and scientific centre of world importance. The relief of the city was mainly formed by processes related to three epochs of glaciation and warming between them. The climate in St. Petersburg is transitional from continental to marine, therefore the city is characterized by moderately mild winter and relatively wet summer. Hydrography of St. Petersburg is determined by its location at the mouth of the Neva River, which flows into the shallow (2.5-6 m) part of the Gulf of Finland, the Neva Inlet (329 km<sup>2</sup>). The river network in the city is represented by numerous (657 watercourses) but small rivers and streams, some of which are channeled. There are numerous (2732) isolated water bodies - lakes, ponds, flooded quarries in the metropolitan area.*

### Административное и географическое положение

В административном отношении Санкт-Петербург является самостоятельным субъектом Российской Федерации в составе Северо-Западного федерального округа. Одновременно это центр Ленинградской области.

Санкт-Петербург принадлежит к числу крупнейших российских городов как по численности населения (более 4,5 млн. жителей), так и по площади (около 1400 км<sup>2</sup>). Он является главным хозяйственным центром Северо-Западного экономического района: многие предприятия различных отраслей промышленности города имеют федеральное значение, обеспечивают развитие производственной базы области. Санкт-Петербург также является культурным и научным центром мирового значения.

Территория города расположена на Восточно-Европейской равнине, в устье реки Невы, охватывая южное и северное побережье Финского залива. Географическое положение города очень благоприятно для его экономического развития, здесь расположен самый крупный и современный порт Северо-Запада России, что обеспечивает тесные связи с зарубежьем. Город является также крупнейшим железнодорожным, автодорожным и авиационным узлом.

В настоящее время территория Санкт-Петербурга подразделяется на 18 административных районов: Адмиралтейский, Василеостровский, Выборгский, Калининский, Кировский, Колпинский, Красногвардейский, Красносельский, Кронштадтский, Курортный, Московский, Невский, Петроградский, Приморский, Пушкинский, Фрунзенский, Центральный.

### Рельеф

Современный рельеф территории города сформировался под влиянием разнообразных геологических процессов, главными из которых являются процессы, связанные с эпохами оледенения и потепления. На территории Санкт-Петербурга насчитывается три эпохи оледенения и периодов потепления между ними. В послеледниковое время большое значение в развитии рельефа имеют денудационные и карстовые процессы, которые происходят на фоне поднятия земной коры.

Для территории современного Петербурга главным рельефообразующим фактором на протяжении длительного геологического времени является эрозионно-аккумулятивная деятельность водных потоков и водоёмов. Развитие рельефа тесно связано с эволюцией существовавших здесь морских и озёрных поздней- и послеледниковых бассейнов. Последовательное понижение уровней водоёмов нашло отражение в террасированности рельефа Приневской и Приморской низин. Наиболее отчётливо выражены две террасы. Более высокая - озёрно-ледниковая терраса с абсолютными отметками до 60-65 м. Ее поверхность осложнена камовыми холмами и грядами. Относительные высоты этих возвышенностей составляют 5-50 м. Низкий уровень соответствует литориновой террасе, окаймляющей Финский залив. Ширина этой террасы незначительна, и лишь к северо-востоку и востоку от Сестрорецка достигает 8 км. Абсолютные отметки изменяются от уровня моря до 10-16 м. Пляж имеет ширину от 20 до 200 м. Террасы разделены на большом протяжении хорошо выраженным в рельефе уступом, который часто сnivelирован эрозионными и техногенными процессами.

Северная и восточная границы города проходят по окраине моренной возвышенности, занимающей центральную часть Карельского перешейка. Здесь рельеф образован формами ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции: чередованием холмов, камов, озов и зандровых равнин с понижениями, занятыми озёрами и болотами, а также неглубокими речными долинами.

Рельеф центральной части города, расположенной в устье р. Невы, во многом утратил естественные черты: в настоящее время на большей части центра сформировался техногенный рельеф из намывных и насыпных грунтов. Мощность намывных и насыпных грунтов достигает десятка метров, засыпаны водоёмы и многие долины речек. В настоящее время начаты масштабные работы по формированию морского фасада города: засыпаются и намываются значительные площади в акватории Финского залива, изменяется береговая линия.

Южная граница города проходит вдоль Балтийско-Ладожского уступа (глинта), который ограничивает Ижорскую возвышенность. В пределах города Ижорская возвышенность и, частично, Балтийско-Ладожский уступ встречаются в Красносельском районе. Поверхность возвышенности плоская с абсолютными отметками до 65 - 75 м (Пулковские высоты). Балтийско-Ладожский уступ хорошо выражен в рельефе, относительная его высота достигает 25-30 м, часто он расчленён глубоко врезающимися узкими долинами речек и ручьёв. Встречаются карстовые формы рельефа в виде воронок.

### Климат

Климат Санкт-Петербурга в целом переходный от континентального к морскому, что обусловлено взаимодействием морских и континентальных воздушных масс умеренных и арктических широт - частыми вхождениями арктического воздуха и активной циклонической деятельностью. Характерны относительно мягкая зима и умеренно тёплое влажное лето, высокая относительная влажность воздуха, ветреная погода и большая облачность в течение года. Осень теплее весны ввиду преобладания южных и юго-западных ветров, приносящих тепло из Атлантики. Весной преобладают северные холодные ветры. Интенсивная циклоническая деятельность и частая смена воздушных масс обуславливает крайне неустойчивую погоду во все сезоны.

Годовая норма осадков составляет от 700 мм на побережье Финского залива до 750 мм при удалении от него. Внутригодовое распределение осадков неравномерное: за тёплый период (апрель-октябрь) выпадает 60-65 % общего количества осадков. Относительная влажность воздуха большую часть года превышает 80 %, часто составляя в ноябре-январе - 90%, в связи с чем испарение с поверхности не превышает 300 мм.

### Гидрография

Поверхностные воды и, прежде всего, Финский залив, Невская губа и р. Нева на протяжении всего исторического развития формировали и определяли современный облик Санкт-Петербурга.

Финский залив в пределах города неглубокий, глубина его 2,5 - 6 м, а в береговой полосе - до 1 м. Восточная часть Финского залива от дельты р. Невы до острова Котлин - Невская губа - с остальной частью Финского залива сообщается через Северные и Южные Ворота комплекса защитных сооружений (КЗС). Для прохода судов по дну Невской губы проложен морской канал и фарватеры. Солёность воды в Невской губе не превышает 2‰, что объясняется большим притоком воды из рек, особенно из Невы. В Финском заливе часты штормы, особенно осенью в период сильных циклонов.

Среди многочисленных озёр на территории города из наиболее крупных следует упомянуть Суздальские озёра, расположенные непосредственно в городе, а также оз. Щучье вблизи г. Зеленогорска. Эти озёра имеют естественное происхождение. Другие - Лахтинский и Сестрорецкий Разливы - имеют техногенное происхождение и образовались при зарегулировании рек Сестры и Каменки. Искусственные водоёмы представлены многочисленными прудами и карьерами на нижней террасе, где они питаются водами родников на склонах и у подножия литоринового уступа.

Речная сеть города густая и разветвлённая. Она представлена небольшими реками и многочисленными ручьями, часть которых была спрямлена и канализована при городском строительстве. Главная речная артерия города - р. Нева, по существу представляет собой озерную протоку общей длиной 74 км из них 32 км в черте города. Нева играет огромную роль для Санкт-Петербурга. На начальных этапах строительства вокруг неё формировался облик столицы: большие глубины позволяли морским судам заходить в её устье. Река является основным источником водоснабжения города. Через Неву в Финский залив поступает вода с огромной площади всего бассейна Ладожского озера (281 тысяча км<sup>2</sup>). На этой территории количество осадков значительно превышает испарение, поэтому Нева исключительно многоводна: годовой расход воды - 77 км<sup>3</sup>. Преобладающая её глубина - 8-11 м, наибольшая - 26 м у Литейного моста. На территории города Нева образует псевдодельту с многочисленными протоками и островами.

Вследствие равномерного стока воды из Ладожского озера в течение года, Нева почти не имеет ни весеннего подъёма воды, ни паводков, связанных с выпадением осадков. Однако осенью в устье Невы обычно бывают большие подъёмы воды, связанные с сильными западными циклоническими ветрами. Вода в реке поднимается практически ежегодно, иногда бывают сильные наводнения. Так, во время наиболее разрушительного наводнения в ноябре 1824 года вода в Неве поднялась на 421 см выше нормального уровня.

Река Нева в пределах города принимает ряд рек и ручьёв. Наиболее крупные из них: северные притоки - р. Охта и р. Чёрная, южный - р. Ижора, однако в питании Невы существенной роли они не играют.

Речная сеть остальной части города представлена небольшими реками и ручьями, непосредственно впадающими в Финский залив. В северной части самые значительные из рек, Сестра, Каменка и Рощинка, берут начало в крупных болотах Ленинградской области. Реки южной части, наиболее крупные из которых Стрелка, Караста, Дудергофка, Пулковка, берут начало из многочисленных родников вдоль Балтийско-Ладожского уступа и питаются подземными водами.

## 2. История геологических исследований территории Санкт-Петербурга

*Occasional investigation of the geological structure of the area at present occupied by St. Petersburg was conducted from mid-17th century to early 19th century. Systematic investigations started in 20-30s of the 20th century, when geological survey at a scale of 1:200,000 and integrated hydrogeological and engineering-geological surveys were carried out. In the 50's, standard medium-scale maps were compiled. Next stage of geological mapping of St. Petersburg and the Gulf of Finland at scales of 1:50,000 and 1:10,000 fell on late 20th and early 21st century. At present, the monitoring of the state of geological environment is being conducted under the order of the City Government.*

### 2.1. История геологических исследований территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Территория Санкт-Петербурга и его окрестностей, а также прилегающие акватории, имеют насыщенную фактами и событиями длительную историю геологического изучения. Результаты этого изучения отражены в огромном числе материалов и представлены в виде монографий, очерков, статей и карт геологического содержания. В истории геологических исследований Санкт-Петербурга достаточно четко выделяется несколько этапов. XVIII-XIX вв. – этап первоначального накопления знаний с разработкой ряда основополагающих геологических представлений. Конец XIX – середина XX в. – этап систематических геолого-съёмочных работ. Вторая половина XX в. – этап инженерно-геологических и гидрогеологических исследований. Наше время – этап тематических и специальных, в том числе эколого-геологических и морских (береговых) геологических исследований.

Разрозненные и не всегда достоверные сведения о геологических исследованиях территории, где впоследствии возник Санкт-Петербург, появляются в шведской, а затем и в российской литературе со второй половины XVII века, и до начала XIX века носят случайный характер. В основном в этот период ведутся поиски строительного сырья и подземных вод. Систематические геологические исследования начались после организации в городе в 1817 г. Минералогического общества. Одной из первых опубликованных работ по геологии является «Геогностическое описание Санкт-Петербургских окрестностей» Г.Ф. Странгвейса (1830).

Г.Ф. Странгвейс, отмечая относительно слабую геологическую изученность рассматриваемой площади по сравнению с некоторыми другими районами России, писал: «С первого взгляда Санкт-Петербургские окрестности любопытствующему Геологу мало обещают добычи: взор его встречает лишь весьма обширную площадь, составленную, как кажется, повсеместно из намытых и накатанных пород, отторженных от первостепенных сплестований; к тому же дикие места, встречающиеся и донныне около города сего, в редком могут породить желание к изысканиям там, где нет ничего заманчивого, где нет красот живописных... По сим-то, вероятно, причинам страна сия и донныне в геологическом отношении мало известна» (Странгвейс, 1830). В 1852 г. профессором С.С. Куторгой была составлена «Геогностическая карта Санкт-Петербургской губернии» масштаба 1:420 000 (10 верст на дюйм), сопровождавшаяся геологическими разрезами и сводной стратиграфической колонкой (рис.2.1). В результате исследований Х.Г. Пандера, Э.И. Эйхвальда, Р. Мурчинсона, С.С. Куторги и др. были получены первые сведения о стратиграфии и палеонтологии дочетвертичных образований в пригородах Санкт-Петербурга. Планомерное геологическое изучение территории города началось во второй половине XIX века. И.И. Боком опубликовано «подробное описание всех главнейших обнажений силурийской и девонской систем уездов С.-Петербургской губернии» (Бок, 1869). Ф.Б. Шмидтом в 1858-1897 гг. была разработана стратиграфическая схема кембрийских, а в 1881-1907 гг. – ордовикских отложений. В 1864 г. была опубликована статья академика Г.П. Гельмерсена «О физических и геологических условиях Петербурга» (Гельмерсен, 1864), посвященная истории геологического развития (в том числе, поздне-последледникового), образованию р. Невы, свойствам городских грунтов и литодинамике Невской дельты. Четвертичные отложения окрестностей города были исследованы П.А. Кропоткиным, впервые обосновавшим гипотезу материкового оледенения Северной Европы (Кропоткин, 1876).



Рис. 2.1 Фрагмент «Геогностической карты Санкт-Петербургской губернии», 1852

К этому же периоду относится создание и полистное издание силами Геолкома Геологической карты Европейской России масштаба 1:420 000.

Изучение и картирование территории города (лист 26) было осуществлено в 1882-1904 гг. В 1905-1906 гг. Геолкомом (Н.А. Соколов) проводилось крупномасштабное (1:42 000) картирование территории города (между устьем р. Невы и границей с Финляндией), детально изучались геоморфология и четвертичные отложения. В тот же период Н.Ф. Погребовым велись гидрогеологические изыскания к югу от р. Невы («с целью выяснения возможности снабжения столицы ключевой водою») (Погребов, 1911). Принципиальное значение для познания геологической истории города имели схемы Де Геера (1910) и В. Рамсея (1917), посвященные стадиям развития Балтики с выделением литориновых, анциловых и иольдиевых отложений.

Интенсивные исследования развернулись в 20-30-е годы XX века под руководством Н.Н. Соколова (1926-1936), С.А. Яковлева (1932), К.К. Маркова (1933) (рис.2.2), И.В. Потуловой (1922-1933), И.В. Данилевского (1925-1926), М.Э. Янишевского (1932), Б.П. Асаткина (1933) и др. В исследованиях Геологического Комитета принимали участие Е.М. Мошквич, К.Д. Глинка, А.Ф. Фаас, В.А. Котлуков, А.Ф. Лесникова, Б.З. Скороход, В. Закс, Г. Бандер, А. Клеве-Эйлер, М.А. Лаврова, Б.З. Менакер, Е.Н. Иванова, Л.В. Иванова и др. Одним из важнейших геологических результатов этого периода явилось составление комплектов геологических карт в масштабе 1:200 000, а с 1947 к ней добавились комплексные геолого-гидрогеологические геолого-съёмочные работы в том же масштабе. Накопившаяся за период до Великой Отечественной войны информация обобщена в сводной монографии «Геология СССР, т.1 (Ленинградская, Новгородская и Псковская области)», изданной в 1948 г.

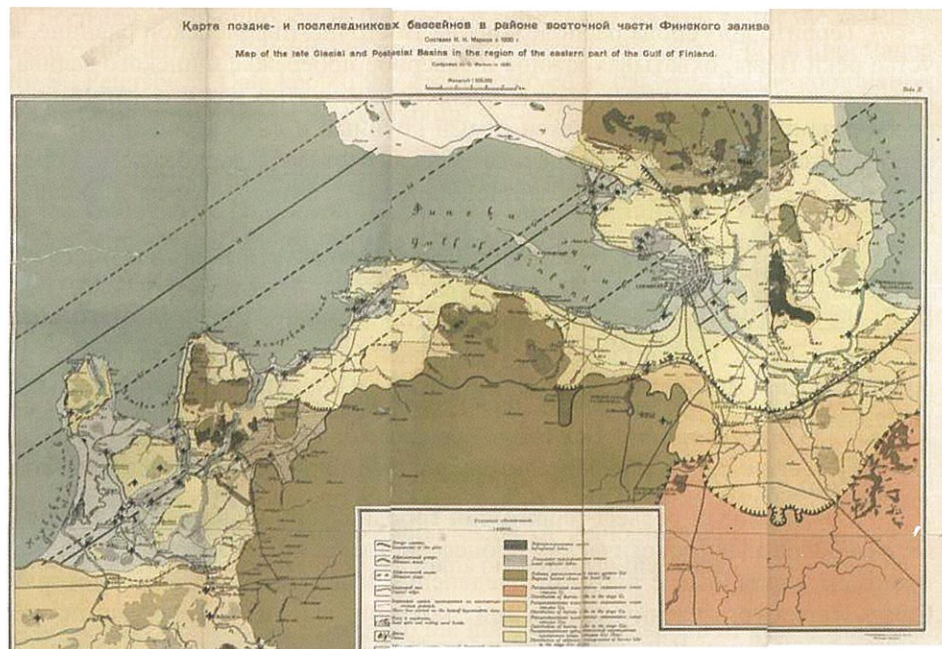


Рис. 2.2 Карта поздне- и послеледниковых бассейнов в районе восточной части Финского залива (Марков, 1933)

В послевоенное время основная информация о геологии Ленинграда поступала в результате работ Северо-Западного геологического управления, 5-го Геологического управления, Ленгеолнерудтреста, треста ГРИИ, ЛЕНТИСИЗа, Ленгидротранса и целого ряда других проектных и изыскательских организаций. Значительный объем нового фактического материала получен при начавшихся в середине 50-х годов прошлого века полистной геологической съемке масштаба 1:200 000 (Ленинградская геологическая экспедиция СЗГУ), а также комплексном геологическом и гидрогеологическом картировании (5-е ГУ) (З.В. Яцкевич, Н.И. Апухтин, В.А. Селиванова, П.Ф. Семенов, Л.Ф. Соколова, В.П. Малышев, З.М. Монриенко, С.Р. Шевченко, З.К. Гарибян, Г.В. Григорьев, Э.Э. Фотиади и др.). В эти годы были сформулированы основные представления тектонического, стратиграфического, литологического, палеонтологического, геохимического, инженерно-геологического и гидрогеологического содержания, отвечающие понятию «геология Ленинграда».

В 1957 году вышла в свет геологическая карта масштаба 1:1 000 000 (лист 0-36-Ленинград). Н.Н. Соколов (1946-1955 гг.) выделил в черте города и его окрестностях несколько стадий отступления валдайского оледенения (Ленинградскую и Финскую). Стратиграфическая схема, генетическая классификация и площадное распространение четвертичных (ледниковых) отложений были разработаны, развиты и детализированы С.А. Яковлевым и С.В. Яковлевой (1956), в том числе на основе целого ряда геологических разрезов и скважин в черте города.

Значительные успехи в изучении четвертичного покрова и геоморфологии территории, включающей городские площади, отражены в работах К.К. Маркова (1961), М.А. Лавровой (1962). Новые сведения о строении, составе, возрасте и происхождении четвертичных отложений и рельефа Ленинграда были получены в результате работ И.И. Краснова, Н.И. Апухтина, К.К. Маркова, О.М. Знаменской, Д.Б. Малаховского, Т.В. Усиковой, Е.А. Спиридоновой, Е.В. Рухиной, Т.В. Дорожкина и др.

Последующие годы прошлого столетия прежде всего были связаны с крупномасштабным геологическим картированием (1:50 000), а также продолжением геолого-съёмочных работ в масштабе 1:200 000. В 1971 г. сведения о геологическом строении Ленинграда были приведены в I и IV томах монографии «Геология СССР» (рис. 2.3, 2.4).

Продолжились геологические изыскания в городе, в том числе по комплексному геологическому картированию Большого Ленинграда в масштабе 1:25 000. 1989 год ознаменовался выходом в свет Геологической карты масштаба 1:1 000 000 (новая серия) для листа О-(35) – 36(37) (ПКГЭ ПГО

Севзапгеология). Результаты исследований были использованы для обоснования генерального плана развития Ленинграда - Санкт-Петербурга (А.И.Худяков, Г.И.Богданова, В.С.Саванин, Н.А.Ковзель, Ю.В.Николаев, А.С.Николаев и др.).

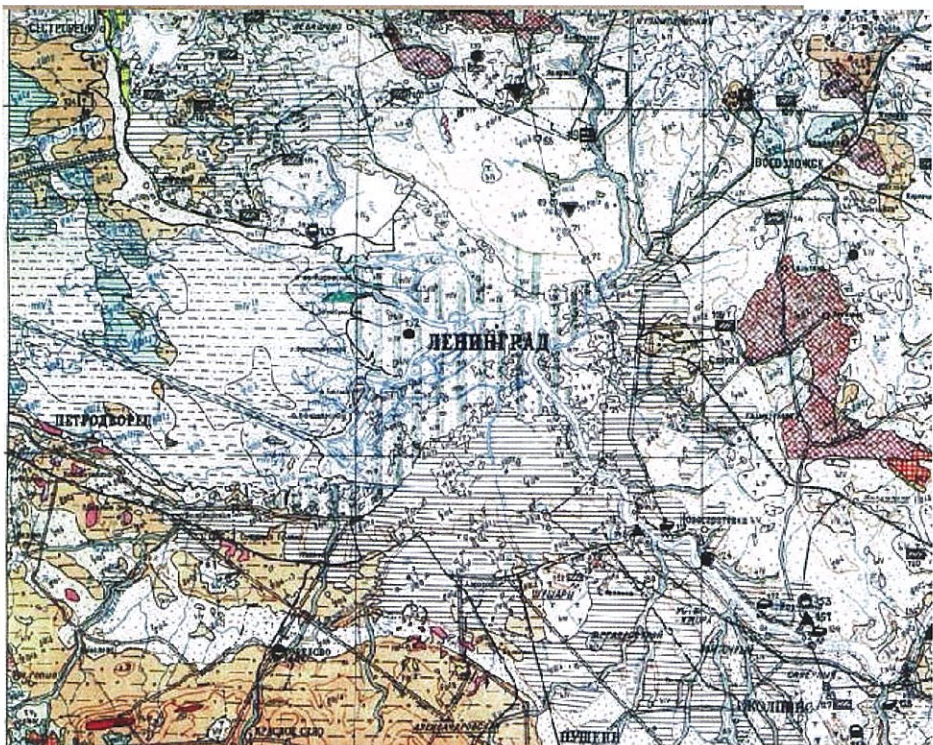


Рис. 2. 3 Фрагмент карты четвертичных отложений Ленинграда (Краснов и др., 1995)

На территории города были проведены геофизические исследования, а также выполнено опорное бурение. Проблемы геологии Ленинграда – Санкт-Петербурга освещались в целом ряде работ ЛГУ (СпбГУ), Горного Института, Института Озероведения РАН, ЛИСИ, Педагогического Института им.А.И.Герцена, ВНИИОкеангеологии и др. (Е.В.Рухина, Л.И.Салье, О.М.Знаменская, Е.С.Малясова, Р.Э.Дашко, А.Н.Павлов, О.Ю.Александрова, Е.А.Спиридонова, Е.С.Малышева, Н.Н.Верзилин, Г.И.Клейменова, Р.Н.Джиноридзе, Н.П.Гей, Е.М.Нестеров, Г.С.Бискэ, М.В.Шитов, Н.А.Куренной, В.В.Иванова и др.)

Изучение подземных вод первой половины XX столетия проводилось эпизодически, и в черте города было связано с бальнеологическими проблемами и водоснабжением. В 20-30-е годы прошлого века началось целенаправленное бурение поисковых и эксплуатационных скважин (Н.Ф.Погребов, 1932; Б.Н.Архангельский и М.А.Гатальский, 1941; Б.Н.Архангельский, Г.В.Ильин, В.А.Кротова, 1946). Активные исследования подземных вод велись во второй половине XX в. (Ю.В.Николаев, А.С.Николаев, А.Г.Гарбар, Е.Л.Грейсер, М.Н.Стронская, Л.Ю.Короткова и

др.). Гидрогеология города отражена на соответствующей карте масштаба 1:500 000 для территории 3-х областей Северо-Запада СССР с объяснительной запиской.

Многие детали геологического строения, инженерной геологии, гидрогеологии и экологической геологии города были установлены в процессе специализированных геолого-съёмочных работ в масштабе 1:50 000 (Ауслендер, 2001ф.). Непосредственно на городской территории было выполнено инженерно-геологическое картирование в масштабе 1:25 000 (Соловьева, 1984; Дмитриев, 1989).

В дальнейший период существенный вклад в изучение геологии Ленинграда – Санкт-Петербурга внесли работы ПГО Севзапгеология (В.В.Проскуряков, С.А.Голубев, К.Д.Беляев, Б.В.Аничкин, А.П.Луханин и др.). Выполнены значительные объёмы работ по поискам, оценке и разведке месторождений строительных материалов, пресных и минеральных подземных вод и других полезных ископаемых, а также, большое количество сопутствующих и региональных геофизических исследований.

На современном этапе геологического изучения города все большее значение приобретают работы эколого-геологического содержания. Новые важные эколого-геологические аспекты изучения территории города нашли отражение в работах коллектива НИЦЭБ РАН (В.М.Питулько, В.И.Горный, Э.Я.Яхнин); Горного Института (Дашко, 2003; Дашко, 2008); ПГО Севзапгеологии (Э.Ю.Саммет, Б.Г.Дверницкий, Л.Д.Насонова, В.А.Ядута (Саммет, 1998) и Российского геологического центра (А.Н.Потифоров, А.В.Горький и др.). Особое внимание уделяется проблемам подземного геологического пространства, его экологическому состоянию, активизации природно-техногенных процессов и явлений.

С 2004 г., в соответствии с изменениями, внесенными Федеральным законом 122-ФЗ от 22.08.04 в Закон Российской Федерации «О недрах», Санкт-Петербургу, как субъекту РФ, предоставлены полномочия по ведению территориального фонда геологической информации, а также по предоставлению участков недр в пользование, организации лицензирования и контроля в области недропользования. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга начал формирование территориального фонда геологической информации.

По заказу Комитета исследования береговых зон города осуществляются ФГУП «ВСЕГЕИ» (М.А.Спиридонов, Д.В.Рябчук, В.А.Жамойда, С.Ф.Мануйлов, и др.) и ФГУП НИИКАМ (С.В.Викторов, Л.Л.Сухачева, Е.И.Кильдюшевский); мониторинг экзогенных геологических процессов и подземных вод - ФГУП «Минерал» (Н.Б.Филиппов, А.В.Герасимов, Д.Н.Дмитриев, С.Э.Зубарев, Г.Б.Савенкова и др.) и мониторинг почв - Российским геоэкологическим центром (А.Н.Потифоров, А.В.Горький и др.).

Значительная часть геологических данных территориального геологического фонда переведена в цифровую форму, хранится и активно используется в рамках Информационно-аналитического комплекса «Экологический паспорт Санкт-Петербурга» Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга.

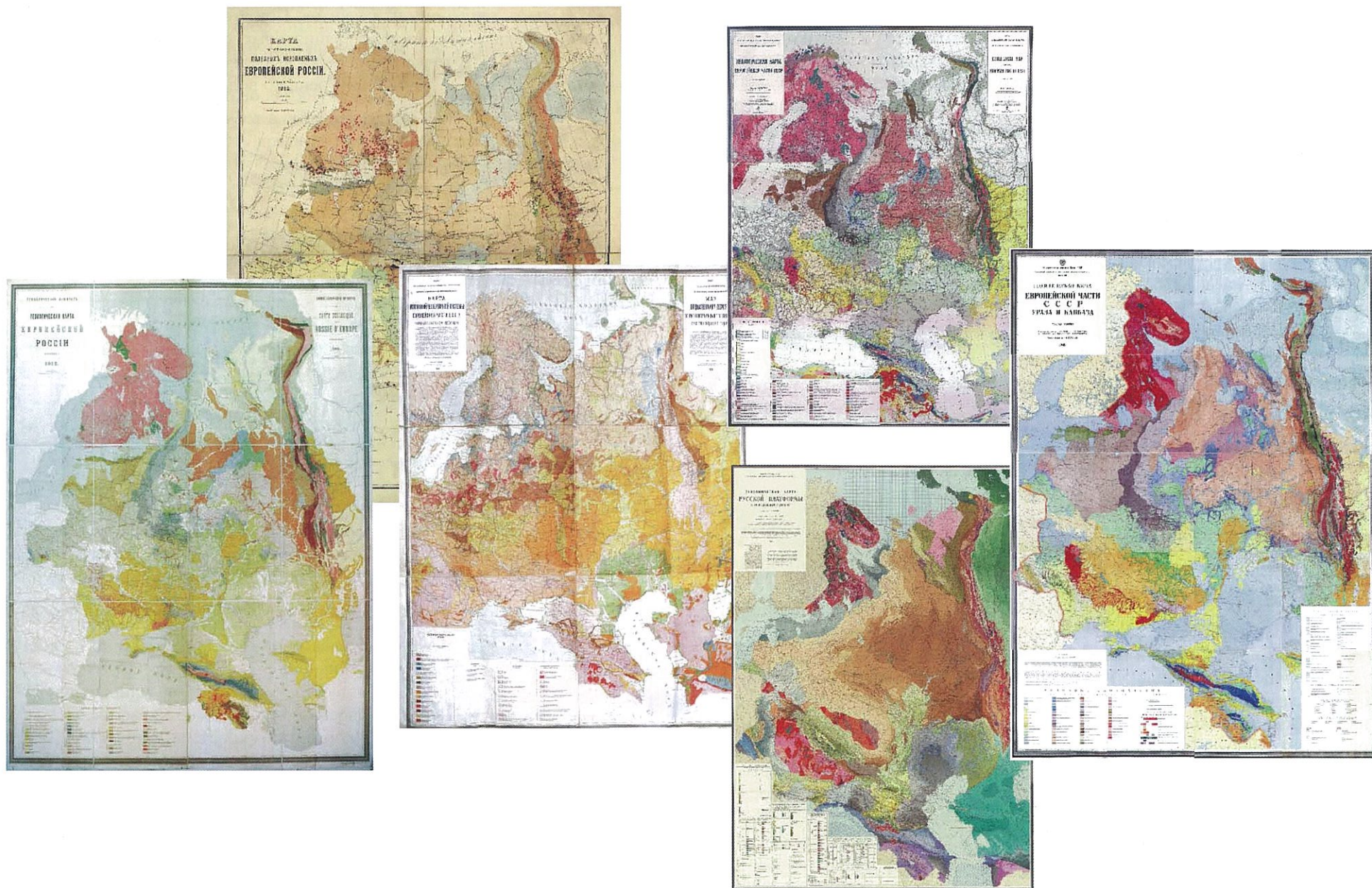


Рис. 2.4 Исторические карты Европейской России с изображением территории Санкт-Петербурга (Геолком – ЦНИГРИ – ВСЕГЕИ, 2006)

## 2.2 История геологических исследований дна восточной части Финского залива, Невской губы, водоемов и водотоков Санкт-Петербурга

Первые дошедшие до нас сведения об изучении рельефа и «донных грунтов» Невской губы связаны с событиями Северной войны, строительством Санкт-Петербурга и фортификационных сооружений, призванных защищать город с моря. В 1703 г. Петр I лично осуществлял промер глубин к югу от острова Котлин. Систематические промеры в Невской губе в начале XVIII века вели вице-адмирал К.И.Крюйс и капитан Э.Лейн. Начиная с 1740-х годов «промерами морскими от устья р.Невы до Кронштадта» руководил капитан Алексей Нагаев. Под его руководством были составлены первые крупномасштабные батиметрические карты Невской губы 1742, 1750 (рис. 2.5), и 1768 годов издания, он же впервые дал описание берегов губы для Лоции (Санкт-Петербург. 300 лет в планах и картах, 2002; РГА ВМФ, 1331-4-281; РГА ВМФ, 1331-4-302).

На протяжении XVIII - XIX вв. промерные работы, отличавшиеся высоким уровнем исполнения и детальностью, проводились гидрографическим отделом Морского министерства. С середины XVIII в. все гидрографические работы сопровождались схематичным описанием «грунта». Наиболее ранние из дошедших до нас журналов гидрографических и гидрологических работ, содержащие такие описания, датируются 1751 годом ((РГА ВМФ, 913-1-79). Инструкция директора гидрографического депо Главного Морского Штаба генерал-майора Ф.И.Шуберта «О съемках Балтийского моря в 1829 году» содержит требование о ведении журнала, где в каждой точке указывались бы глубины (по лотлинию или футштоку), местоположение судна, а также «качество грунта» (РГА ВМФ, 402-1-248). С 1860 года на навигационных картах появились обозначения: камень, песок, мелкий песок, ил, хрящ (дресва) (РГА ВМФ, 1331-4-333; 1331-11-514; 1331-7-532).

В 1836 году Комитет по сооружению форта «Александр I» принял решение об изучении геологического строения дна в месте строительства. «С этой целью копром были забиты обсадные трубы из высверленных в середине деревянных свай. Вынутый из них грунт показал, что сверху дно покрыто на 2.1 м чистым песком, под ним находится слой иловатой разжиженной глины, а ниже – на отметках 9-10 м от ординара – твердая материковая глина» (Раздолгин, 1988). В дальнейшем геологические исследования дна Финского залива проводились при строительстве различных укреплений, Петербургского порта и Морского канала (Журухин, 1894), углублении фарватеров, а также в связи с проектом железной дороги между С.-Петербургом и Кронштадтом через Лисий Нос. В 1885-86 гг. было пробурено 30 зондирующих скважин в районе Галерного фарватера в пределах изобаты 10 м (Пель, 1888).

Таким образом, к середине XIX в. был накоплен значительный объем инженерно-геологических данных о Невской губе. Э.И.Тилло в докладе Комиссии для обсуждения мер ограждения столицы от наводнения представил восемь проектов защитных сооружений, опубликованных инженер-подполковником В.Киприяновым в журнале Министерства путей сообщения за 1858 год (Киприянов, «Критический обзор проектов для предохранения С.-Петербурга от наводнения»). Один из проектов, составленный генерал-майором Федериком Базеном, близок к осуществляемому в настоящее время (рис. 2.6).

В 1911 г. А.А.Иностранцев изучил разрез четвертичных отложений протяженностью 559 м на глубину 18.9 м, обнажившийся при строительстве сухого дока Кронштадского порта (Иностранцев, 1912). Иностранцев стратифицировал и детально описал разрез, дал его генетическую характеристику, исследовал петрографический состав лежащих в его основании ледниковых отложений.

Заметная активизация геологических исследований в Невской губе приходится на первые десятилетия XX века. В 1920-1924 годах гидрохимические, гидробиологические и гидрологические работы проводились под руководством К.М.Дерюгина. На десяти основных станциях наблюдения и 40 точках драгирования были определены гранулометрические типы поверхностных осадков, причем впервые был произведен гранулометрический (механический) анализ образцов грунта (Дерюгин, 1923; 1925).

В связи с проектом постройки «заградительных дамб, которые защищали бы Ленинград от затопления» в 1928-1929 гг. между Ораниенбаумом и Кронштадтом было пробурено 13 скважин, между Кронштадтом и Лисим Носом – 10. Далее был произведен механический (гранулометрический) анализ и изучение физических свойств (коэффициент пластичности, влажность, удельный вес, пористость) 417 отобранных образцов. По скважинам были впервые построены геологические разрезы отложений Невской губы на глубину до 12 м (Розен, 1930).

В начале 1919 года было организовано Управление портовых изысканий Балтийского моря (Балтпортиз), которое вплоть до 1929 года проводило инженерно-геологические изыскания в Невской губе. Это Управление послужило основой для создания в 1931 году Государственного института проектирования и изысканий на водном транспорте (Гипроводтранс), которым был выполнен большой объем бурения в прибрежной зоне.

В конце 40-х - начале 50-х годов XX столетия данные о составе грунтов и рельефе Невской губы постоянно пополнялись за счет весьма эффективных работ Госкомгидромета (С.В.Басова и др.), Государственного гидрологического института, Ленгипротранса и целого ряда других проектно-изыскательских организаций. Задачи соответствующей проблематики решались силами Ленинградского университета (Логвиненко, 1980, 1988; Барков 1986; Окнова, 1990), Института Озероведения АН СССР, ВНИИКАМ (Бычкова, 1998; Викторов, 1998), Гидрометеорологического Университета (Некрасов, 1999; Фрумин, 1999) и ряда других организаций. Подобные работы особенно активизировались перед началом строительства комплекса защитных сооружений. В это время были выполнены большие объемы бурения в

створе «дамбы» различными организациями, в том числе Ленгидропроект-ом, ЛенМорНИИПроектом (С.Л.Беленко, В.Н.Иванов и др.).

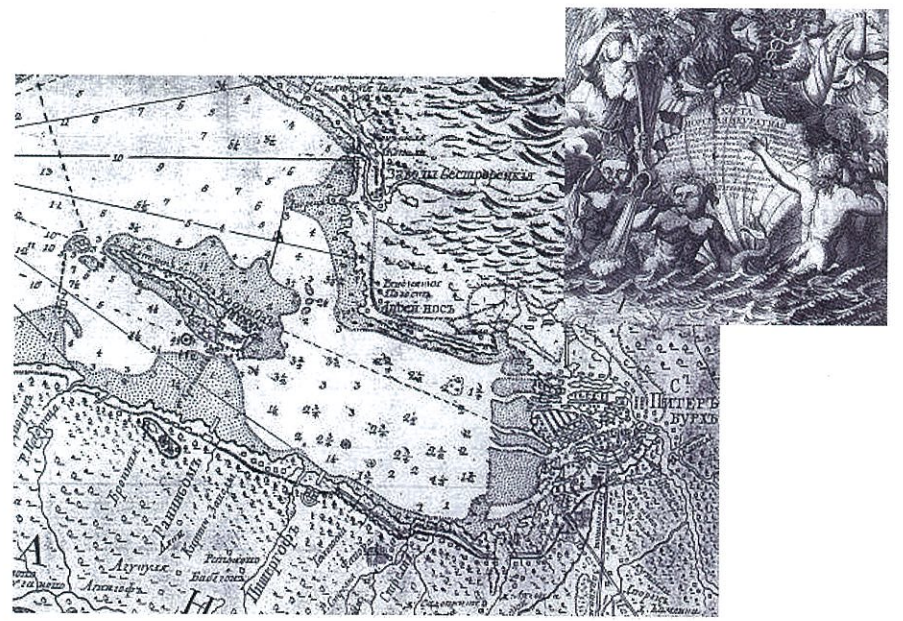


Рис. 2.5 Фрагмент карты Финского залива, составленной А.И.Нагаевым, 1750

В 1979 году было принято постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР «О строительстве Комплекса сооружений защиты Ленинграда от наводнений», что вызвало принципиально новый подход к выяснению деталей геологического строения и донного рельефа, как в самом створе грандиозного гидротехнического сооружения, так и на прилегающих площадях Невской губы и ее берегов.

Большой объем геологических, геоморфологических и геоэкологических данных по Невской губе в районе строительства КЗС был собран и обобщен при работе специальных экспертных комиссий ГКНТ СССР (1978) и АН СССР (1989).

На одном из самых последних этапов геологического изучения Невской губы (1978-2003 гг.) во ВСЕГЕИ были получены современные данные о донных осадочных образованиях морского дна и берегов. В 1987-1989 гг. была проведена генетическая типизация осадков Невской губы, дана характеристика современных условий осадконакопления и составлены литологическая, лито-фациальная и геохимическая карты масштаба 1:100 000 (Бутылин, 1991). В 1991-1993 гг. были осуществлены геоэкологические исследования в юго-восточной части Невской губы. В 1994 году была завершена геологическая съемка шельфа в масштабе 1:200 000 восточной части Финского залива и Невской губы (Москаленко, 1994 ф). В 1993-1995 гг. в Невской губе было начат геоэкологический (эколого-геологический) мониторинг (Спиридонов, 2002), в ходе которого удалось уточнить литологический состав донных осадков Невской губы, установить основные закономерности распределения различных фациальных типов поверхностных донных отложений и выявить тенденции их развития. При этом были выделены и закартированы основные техногенные фациальные обстановки (Геоэкологический атлас..., 2002). В то же время были выполнены эколого-геологические исследования р.Невы и других внутренних водоемов и водотоков города (Е.Н.Нестерова, Ю.П.Кропачев).

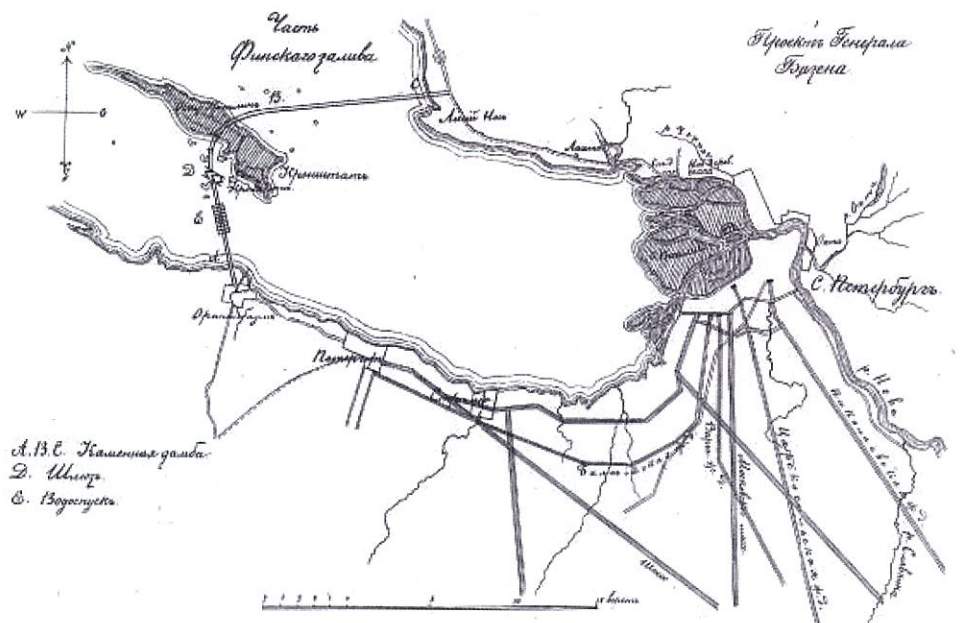


Рис. 2.6 Проект защиты Санкт-Петербурга от наводнений, составленный Федериком Базеном (вторая четверть XIX в.)



### 3. Геоморфология

*Principle geomorphological elements of St. Petersburg are the Neva and the Maritime lowlands, and the continuation of the latter into the Neva Inlet and the easternmost part of the Gulf of Finland. Main morphostructural features are due to the inherited relief. Accretion relief is mainly of glacial, fluvioglacial, and marine origin. Ancient valleys with thalweg altitudes of 130-140 m and geomorphological relics as the Baltic-Ladoga Bench (glint) play an important part in the buried relief. A complex of landforms of the coastal zone of the Littorina Sea is a peculiar geomorphological "referring mark" of St. Petersburg. Technogenesis also plays a particular role in the relief within the city bounds.*

Геоморфологическое строение площади, занимаемой в настоящее время Санкт-Петербургом и прилегающими к нему участками дна акваторий, определяется устройством поверхности дочетвертичных образований, поздние и послеледниковым рельефом и рельефом современной поверхности, существенно преобразованным за счет комплексного техногенеза (Яковлев, 1925; Марков, 1931; Малаховский, 1989, 1996; Ауслендер, 1998, 2001 ф; Спиридонов, 2002). В первых двух случаях имеет место частично или полностью погребенный рельеф, а также рельеф, претерпевший трансформацию в ходе геологического развития площади.

Таким образом, основные геоморфологические элементы городской площади, представленные Приневской и Приморской низинами, связаны с рельефом дочетвертичного субстрата и имеют абсолютные отметки от 0 до 9 м на юге и от 15 до 18 м на севере (рис. 3.1).

Дочетвертичный (погребенный или полупогребенный) рельеф выражен в виде ступенчатой (куэстовой) структурно-денудационной равнины с пологим погружением к юго-востоку. Эта равнина рассечена сетью глубоких эрозионных врезов (палеодолин) с отметками тальвегов до -130-140 м.

Магистральными эрозионными врезами, существующими в погребенном состоянии на площади города, являются две древние долины общего широтного направления, пересекающие северную и центральную часть Санкт-Петербурга. Одна из них проходит от пр. Блюхера через пл. Мужества и Комендантский аэродром до Лахты и далее через центральную часть Невской губы вдоль северного берега Финского залива. Вторая древняя долина от р.Охты в районе пересечения с шоссе Революции через Адмиралтейство и Васильевский остров уходит в Невскую губу.

Наиболее значимым элементом погребенного рельефа является Ордовикское плато (Ижорская возвышенность). Склон этого плато хорошо выражен в современном рельефе в виде куэстового Балтийско-Ладожского уступа (глинта) высотой до 60 и более метров. Кромка «глинта» в ряде случаев нарушена ледниковым выпавиванием (экзарацией), с образованием широких ложбин, как например, в районе Красного Села. В целом глинт имеет форму широкого ската, однако, местами крутизна его склонов достигает 10-15°, как например, в районе Пулково и Красного Села.

Часть городской территории, а также дно прилегающих акваторий, занимают Предглинтовую низменность (впадину).

В пределах Приневской низины и Предглинтовой низменности встречаются отдельные массивы мелкохолмистого моренного (ледникового) рельефа, претерпевшего трансформацию под воздействием абразии (размыва), в основном, водами обширного позднеледникового бассейна, именуемого Балтийским ледниковым озером. Фрагменты конечно-морских гряд в виде «цепочек» или параллельно вытянутых форм, ограничивающих край ледникового «языка», существуют в северо-западной части площади.

Особую разновидность краевых ледниковых аккумулятивных образований представляют так называемые «напорные морены», известные в районе Дудергофских высот (Грейсер, 1980).

Моренная (ледниковая) равнина со следами абразии развита в виде всхолмленной поверхности в районе Горелово, Пулково и Пушкина.

По периферии более возвышенной Приморской равнины присутствует (северные пригороды и Курортный район) ледниково-водная группа типов и форм рельефа, выраженного в виде камового рельефа (холмистых массивов) на высотных уровнях от 25 до 48 м.

Наиболее типично этот рельеф представлен в виде Токсовской, Юковской и Колтушской возвышенностей, абсолютные отметки которых достигают до +70 и более метров.

К Приневской низине примыкают участки озерно-ледниковой равнины, занимающие сравнительно небольшие площади, среди которых особенно четко выражена Всеволожская возвышенность.

Формирование озерно-ледниковой равнины связано с деятельностью обширного пресноводного бассейна в виде Балтийского ледникового озера. На рассматриваемых площадях этот бассейн занимал в позднеледниковое время (около 10 тыс. лет тому назад) впадину Финского залива, и примыкающие низины, включая Предглинтовую низменность и Приневскую низину, до уровня +45 - +50 м.

Береговая линия этого бассейна почти повсеместно обозначена в рельефе в виде абразионного (размывного) уступа, например, вдоль Приморского шоссе в районе Черной речки (Курортный район города), высотой 20-35 м с уклоном до 20-25%.

Плоско-равнинные ступени озерно-ледниковых террас последовательно опускаются в сторону Финского залива и реки Невы. Террасовые уровни сочетаются с формами рельефа береговой зоны в виде кос и береговых валов. Ряд наиболее типичных форм этого генезиса имеют в городе собственное название, как, например, Лесновская (высота 15 м), Сосновская (до 25 м) и Муриновская (до 35 м) террасы.

Низины в виде морской террасированной равнины образовывались, начиная со среднеголоценового времени (8-5 тыс. лет тому назад) в результате неоднократных повышений уровня моря (трансгрессий) и следовавших за ним понижений уровня (регрессий) в бассейнах, носящих названия Иоль-

диевого моря, Анцилового озера, Литоринового и Лимниевое морей в возрастном интервале, именуемом послеледниковьем.

Развитие рельефа морского генезиса явилось следствием прерывистой регрессии Литоринового моря. Его береговую зону, наиболее четко выраженную в виде одноименной террасы, можно считать своеобразным геоморфологическим репером Санкт-Петербурга. Наиболее четко уступ этой террасы прослеживается, начиная от района Полуострова в сторону ж/д станции Кушелевка и далее из района парка Лесотехнической академии вдоль Финляндской железной дороги до Удельного парка. Кроме того площадки и уступы этой террасы высотой от 5 до 10 м наблюдаются в районе Коломяг, вдоль проспекта Народного ополчения, в Лигово и Автово. Сильно измененные техногенезом морские террасы фрагментарно фиксируются в среднем течении р. Фонтанки, у Аничкова моста, в районе Шпалерной улицы и на Смольнинской набережной. Промежуточные по высоте террасовые уровни характеризуют прерывистый характер регрессии. Наиболее широкими участками низкой Литориновой террасы служат Лахтинское болото и болото в северной части Сестрорецкого разлива. Наряду с абразионными формами здесь присутствуют и аккумулятивные образования в виде береговых валов, песчаных кос и вторичных эоловых образований (дюн).

Наиболее крупными формами морской аккумулятивной равнины являются песчаные косы в черте города. На участке от ул. Восстания по Лиговскому пр. такие косы сильно изменены техногенезом. В районе Сестрорецка коса, протяженностью около 13 км, трансформировалась в дюнную гряду.

На дне Невской губы весьма характерными геоморфологическими аномалиями являются отмели, существующие в виде локальных подводных поднятий с превышениями 1,5 - 2 и более метров.

Самая низкая морская равнина, связанная с развитием Лимниевое морского бассейна, представлена прерывистой полосой по всему периметру Невской губы и восточной части Финского залива (в городской черте), в том числе в виде пляжей. Ширина пляжей меняется от минимальных до 100-150 м с абсолютными отметками от 0 до 2 м. В тыловой части пляжа чаще всего присутствует 1-2 метровый абразионный уступ самой низкой литориновой террасы (Лисий Нос, Ульянка). В самое последнее время еще один, скорее всего литориновый террасовый уровень обнаружен на дне восточной части Финского залива на глубине 5-8 м.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф речного генезиса присутствует в городе только в нижнем течении рр. Охта, Ижора и Славянка, где встречаются надпойменные террасы высотой 2,5-3,5 м.

Биогенно-аккумулятивный (болотный) рельеф в черте города, как правило, перекрыт техногенными образованиями и проявляется только в пригородах (Шушары, Парголово и др.).

Эоловые формы рельефа представлены дюнными грядами. Наибольшую площадь они занимают в районе Сестрорецка и пос. Солнечное.

Карстовый рельеф развит в пределах Ижорской возвышенности, в Пушкинском и Красносельском районах.

Рельеф берегов в черте города отличается большим разнообразием, объединенным в несколько генетических подразделений, обусловленных спецификой гео- и гидродинамики в береговой зоне.

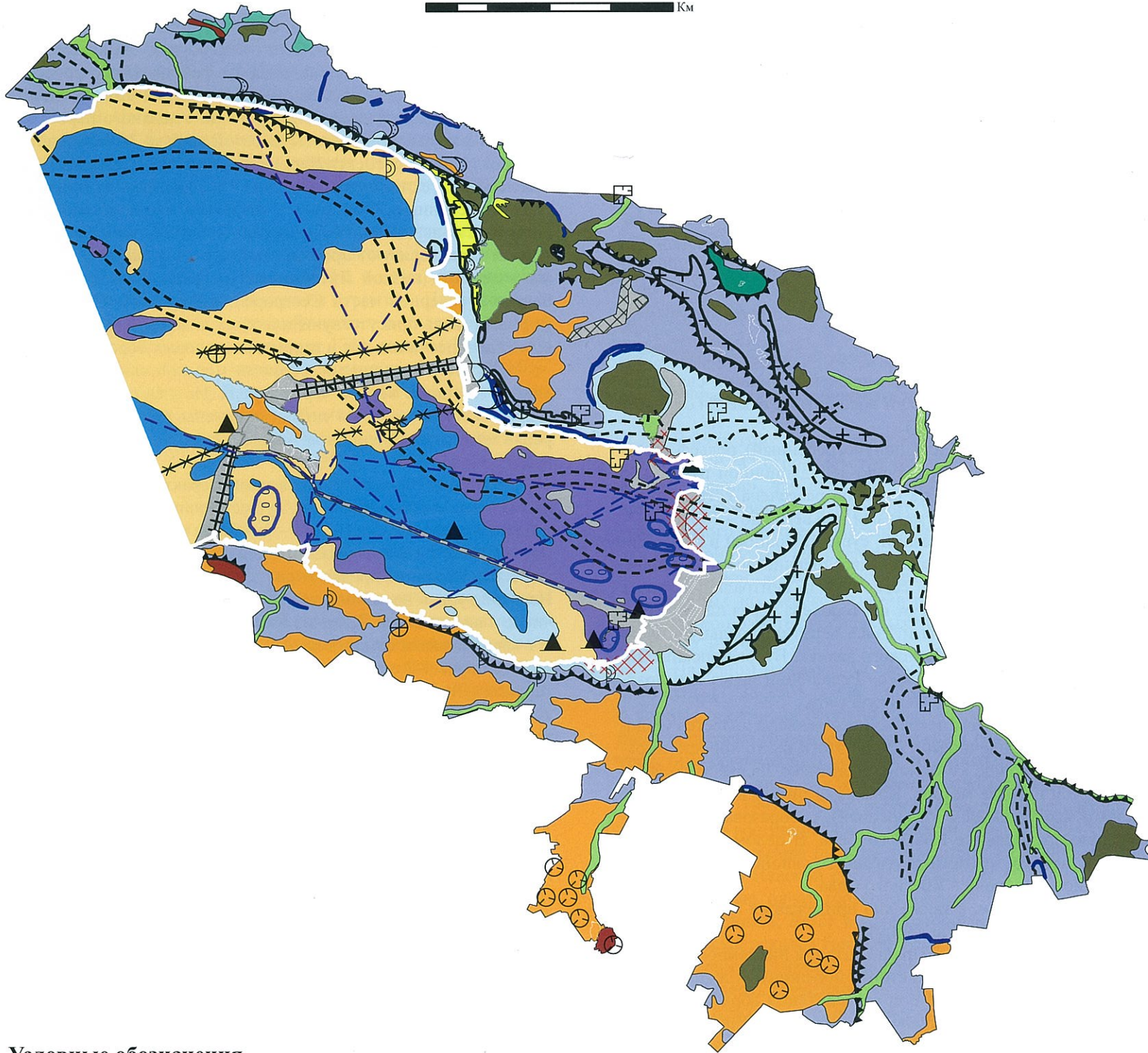
Техногенный рельеф имеет в городской черте самое широкое распространение и обладает очень большим разнообразием (котловины, карьеры, каналы, выемки, насыпные и намывные площади, фарватеры и т. п.). Типичным примером этого служит юго-запад города, а также Васильевский остров, остров Декабристов и Лахта.



Рис. 3.1 Орографическая схема города и окрестностей

# Геоморфологическая карта

Масштаб 1:350 000



## Условные обозначения

Генетические группы	Генетические подгруппы	Генетические типы рельефа	Знак	Морфология и морфометрия рельефа	Возраст
Денудационно-аккумулятивная	Чередование аккумулятивных и денудационных поверхностей	Аккумулятивный с локальным размывом первичной морены		Аккумулятивные равнины с площадями вторичного расчленения на отметках суши 15-40 м	N-Q <sub>IV</sub>
Аккумулятивная	Поверхности ледниковой и водно-ледниковой аккумуляции	Аккумулятивный ледниковый		Грядово-холмистые равнины на отметках суши 40-70 м	Q <sub>III-IV</sub>
		Аккумулятивный озерно-ледниковый		Холмисто-котловинный камовый рельеф на отметках суши 10-20 м	Q <sub>III-IV</sub>
				Камовые террасы и островные плато с отметками до 70 м	Q <sub>III-IV</sub>
		Поверхности морской аккумуляции, местами с размывами	Аккумулятивно-абразионный морской (осадконакопление и размыв течениями)		Морские аккумулятивно-абразионные выровненные равнины на отметках суши 0-7 м, моря - 10-30 м
	Аккумулятивный морской (волновой)			Морские равнины волновой аккумуляции на отметках суши 0-3 м, моря - 0-20 м	Q <sub>IV</sub>
	Аккумулятивный морской (бассейновый)		Предельно-выровненные равнины на отметках дна моря - 5-10 м	Q <sub>IV</sub>	
Абразионная	Поверхности аллювиально-морской аккумуляции, местами с размывами	Аккумулятивно-абразионный аллювиально-морской		Предельно-выровненные равнины на отметках дна моря - 0-6 м	Q <sub>IV</sub>
	Поверхности морской абразии (размыва)	Абразионный морской		Абразионная морская равнина на отметках дна моря - 0-10 м	Q <sub>IV-N</sub>
Техногенная	Откопанные и насыпные поверхности (техногенные поверхности)	Эрозионный аллювиальный		Эрозионно-аккумулятивный долинный и озерный рельеф с отметками 0-26 м	Q <sub>IV-N</sub>
		Эрозионный морской		Техногенные поверхности сложного профиля на отметках суши 1,5-15 м, дна моря - 0-12 м	N
Фитогенная	Фитогенные поверхности	Аккумулятивно-фитогенный		Полого-волнистые заболоченные поверхности на отметках суши 0-30 м	N
Эоловая	Эоловые поверхности	Эоловый		Эоловые холмисто-грядовые равнины на отметках суши 3-15 м	N

## Дополнительные условные обозначения

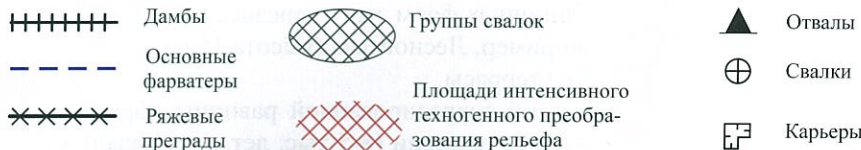
### Аккумулятивная группа



### Размывная (абразионная) группа



### Техногенная группа



## 4. Геологическое строение

*St. Petersburg is located at the junction of the Baltic Shield and the Russian Plate. The Baltic Shield is composed of Archean-Early Proterozoic metamorphic and intrusive complexes. The Russian Plate consists of Early Proterozoic and Phanerozoic sedimentary terrigenous and carbonate rocks of the Vendian, Cambrian, Ordovician, and Devonian. The sedimentary cover is overlain by Quaternary sediments of various genesis and lithologies.*

*In the gulf bottom adjoining the city, there is a layer of recent sediments of different composition.*

*Differentiated modern tectonic movements of opposite signs are recorded against the background of general tectonic elevation of the area.*

Геологическое строение недр Санкт-Петербурга и дна прилегающей акватории восточной части Финского залива определяется их положением в зоне сочленения Балтийского щита, сложенного кристаллическим фундаментом, и Русской плиты, образованной древними осадочными породами. Практически всю территорию с поверхности перекрывают четвертичные отложения и лишь на юго-западе города имеются небольшие выходы дочетвертичных коренных пород.

### 4.1. Дочетвертичные образования

Дочетвертичные образования представлены архейско (?) - раннепротерозойскими метаморфическими и интрузивными комплексами, образующими нижний структурный этаж, а также породами вендско-фанерозойского плитного чехла, относящимися к верхнему этажу. Пенеэпленезированная кровля нижнего структурного этажа полого погружается в юго-юго-восточном направлении, за счёт чего мощность осадочного чехла в этом направлении постепенно возрастает.

Информация о породах, слагающих кристаллический фундамент, довольно скудна. На значительной части площади Санкт-Петербурга породы фундамента представлены мигматизированными гнейсами и гранитами предположительно архейско-раннепротерозойского возраста. В северных районах города и в Невской губе развиты гранат-биотитовые и кордиерит-силлиманит-гранат-биотитовые гнейсы лахденпохского метаморфического комплекса с мигматитами и телами амфиболитов. Обширную площадь на дне Финского залива юго-западнее г. Зеленогорска занимает кузнеченский гранитовый комплекс, прорывающий лахденпохские образования. Комплекс представлен гранитами, гранодиоритами и пегматитами (Насонова, 1995 ф; Афанасов, 2002 ф; Амантов, 1989).

Разрез осадочного чехла в пределах города начинается отложениями валдайской серии вендского возраста, залегающими полого моноклинально на кристаллическом фундаменте. Отложения серии разделяются на горизонты: нижний - редкинский (старорусская свита) и верхний - котлинский (котлинская свита).

Старорусская свита редкинского горизонта представлена гравелитами, песчаниками, аргиллитами, аргиллитоподобными глинами и алевролитами. Мощность ее не превышает 10-15 м.

Песчано-глинистые образования котлинского горизонта слагают до 80% коренного субстрата под четвертичными отложениями. Котлинская свита разделяется на нижнюю (гдовские слои) и верхнюю подсвиты. В гдовских слоях преобладают песчаники и субаркозовые алевролиты серого и красно-бурого цветов, в верхней части встречаются прослои аргиллитоподобных глин. Мощность гдовских слоев, как правило, не превышает 30 м. Гдовские слои в основном залегают на отложениях старорусской свиты, в местах выклинивания редкинского горизонта они могут ложиться непосредственно на породы кристаллического фундамента.

Верхняя подсвита котлинской свиты мощностью до 150 м представлена в нижней части разреза глинами, алевролитами и песчаниками (нижняя пачка), которые выше перекрываются переслаивающимися глинами, алевролитами и песчаниками мощностью не менее 25-30 м (верхняя пачка).

На породах венда с разрывом залегают образования ломоносовской свиты лонтоваского горизонта нижнего отдела кембрия. На дочетвертичную эрозионную поверхность свита выходит в южных районах города в виде полосы шириной 1-2 км. Свита сложена переслаивающимися светло-серыми кварцевыми мелко- и тонкозернистыми песчаниками, алевролитами и голубовато-зеленовато-серыми алевролитовыми глинами общей мощностью до 12 м.

Выше по разрезу располагаются отложения сиверской свиты, которая выходит на дочетвертичную поверхность широкой полосой (12-18 км). Свита образована однородной толщей зеленовато-серых с голубоватым оттенком неравномерно-слоистых глин. Мощность свиты составляет 115-120 м.

Локально с разрывом на отложениях сиверской свиты залегают породы саблинской свиты среднего отдела кембрия, представленные песками и песчаниками. В них часто отмечают присутствие мелких уплощенных глинистых окатышей, а также линз голубовато-серых глин. Иногда содержание кварца в песках достигает 99%. Мощность свиты 10-15 м.

Спорадически, выше по разрезу, встречаются породы, относящиеся к ладожской свите верхнего отдела кембрия. Обычно ее породы представлены серыми, иногда белыми, песками с обломками раковин брахиопод *Obolus*.

На юге города на дочетвертичную поверхность выходят породы ордовика. Базальная часть разреза ордовика, с разрывом залегающая на кембрийских отложениях, представлена тосненской (пески и песчаники бурого и кирпично-красного цветов с большим количеством обломков, реже целых раковин брахиопод *Obolus*) и копорской (аргиллиты и алевролиты черного и серовато-черного цветов - комплекс «диктионемовых сланцев») свитами пакерортского горизонта нижнего отдела ордовика. В южном направлении от глинта мощность свит увеличивается до 12 м. Верхняя граница горизонта

неровная, со следами размыва.

Выше залегают породы лезтесской (глауконитовые глины, пески, мергели) и волховской (доломитизированные глауконитовые известняки) свит латорийского и волховского горизонтов, суммарной мощностью до 8 м.

Породы среднего отдела ордовика представлены в основном карбонатными породами (известняки и доломиты, иногда с оолитами бурой окиси железа) обуховской и медниковской свит. Мощность этих отложений достигает 20 м.

Самыми молодыми дочетвертичными образованиями, выходящими на дочетвертичную поверхность, являются породы нарвской свиты среднего девона, которые представлены мергелями, доломитами и карбонатными глинами.

### 4.2. Четвертичные образования

Четвертичные отложения (квартер) практически полностью перекрывают с поверхности территорию города и, с этой точки зрения, во многом определяют роль геологической среды в целом. Их изучение проводилось на протяжении многих лет работами различного целевого назначения и различной детальности. Среди последних обобщающих работ следует упомянуть составленные в период 1984-2000 гг. геологические карты четвертичных отложений масштабов 1:25 000 для центральных районов города (Дмитриев, 1989 ф; Соловьева, 1984 ф); масштаба 1:50 000 для всей площади города и окрестностей (Ауслендер, 2001 ф), а также для Невской губы и восточной части Финского залива (Москаленко, 1994 ф). Представленные в Атласе карты являются результатом генерализации этих материалов.

Изменения мощности четвертичных отложений определяются в основном палеорельефом поверхности дочетвертичных пород. В среднем она составляет 20-30 м, локально достигая 100-130 м в палеодолинах. Генезис и литологический состав четвертичных отложений весьма разнообразны.

Нижняя часть разреза четвертичных отложений сложена образованиями среднего и верхнего звена неоплейстоцена, сформировавшимися в результате неоднократного проявления на этой территории процессов материкового оледенения и межледниковых морских трансгрессий. Ледниковые образования (морены), представляющие собой валунные супеси, суглинки, т.е. уплотненную несортированную смесь обломков пород, валунов и супесчано-суглинистой массы, перемежаются с разнозернистыми песчано-глинистыми слоями, сформированными в межледниковые периоды.

В настоящее время в разрезе четвертичных отложений на данной территории выделяются моренные образования трех стадий материкового оледенения - вологодской, московской и осташковской, хотя некоторые специалисты выделяют четвертую (невскую) морену в верхней части разреза.

Вологодская морена (вологодский горизонт) присутствует в нижней части разреза четвертичных отложений и на данной территории представлена весьма локально - в понижениях палеорельефа дочетвертичных пород, заполняя тальвеги палеодолин. Она представлена чаще всего плотными валунными суглинками мощностью до первых десятков метров; максимальная установленная бурением мощность - 70 м.

Московская морена (московский горизонт) распространена несколько шире, зачастую выходит за пределы палеодолин и развита, в основном, в центральных и северо-восточных районах города с глубин от 10 м и более. Ее мощность составляет от метров до первых десятков метров, максимально отмеченная - 60 м. Отложения московской морены локально перекрываются морскими осадками мгинского горизонта.

Осташковская морена (осташковский горизонт) является наиболее выдержанным по площади геологическим подразделением, развита практически повсеместно как на суше, так и в акватории Невской губы. Она является первым от поверхности надежным основанием под строительство, а потому, как и перекрывающие ее более молодые рыхлые отложения, лучше изучена буровыми работами различного назначения. На суше осташковская морена залегают, в основном с глубины 5-10 м, максимальные глубины залегания - 20-30 м - в устье Невы, эта морена выходит на дневную поверхность в южных районах города и на участке к югу от Сестрорецкого разлива. Ее мощность повышается в Приневской низине и южнее Сестрорецкого разлива, составляя, в основном, первые десятки метров. Максимальная же выявленная мощность - 88 м - отмечена на самом юге города, на участке развития холмов, сложенных этой мореной (гора Воронья). Литологический состав морены изменчив с тенденцией изменения от супесчаных разностей к суглинистым с севера на юг.

В акватории Финского залива осташковская морена залегают, как правило, в основании четвертичной толщи, образуя плащеобразный покров, сглаживающий неровности дочетвертичного ложа. На поверхности морского дна морена обнажается в пределах прибрежного мелководья и локальных возвышенностей (банок). В частности мореной сложено мелководье залива в районах острова Котлин и Сестрорецк-Горская, где она является цоколем для строительства комплекса защитных сооружений. В акватории морена представлена преимущественно плотными сухими песчаными суглинками серого цвета со значительной примесью гравия и гальки, а также с включениями валунов, преимущественно кристаллических пород. Часто кровля морены сильно размыва. Мощность этих отложений составляет 5-10 метров, редко достигая 20 метров (Спиридонов, 1989).

Моренные образования разного возраста местами контактируют между собой, но чаще разделены морскими, озерными, аллювиальными, водноледниковыми отложениями, отложениями межледниковий и межстадиалов. Литологический состав межледниковых отложений весьма изменчив в разрезе и в плане. Грубозернистые их разности часто являются водовмещающими породами для подземных вод, имеющих практическое значение. Наи-

более широко такие отложения развиты в пределах палеодолин (Ауслендер, 1998).

Водно-ледниковые (озерно-ледниковые и флювиогляциальные) надморенные отложения осташковской стадии имеют незначительные выходы на дневную поверхность в основном в северной части города. Они представлены мелкозернистыми песками, суглинками и супесями и формируют в местах выхода характерный озово-камовый рельеф поверхности. Мощность их составляет 0.5-14 м. В акватории Финского залива осташковские озерно-ледниковые отложения перекрывают осташковскую морену, заполняя впадины ледникового рельефа, и представлены типичными ленточными глинами. На поверхности дна они слагают размываемые участки вокруг о-ва Котлин, у южного и восточного берега залива обрамляют ледниковые отложения.

Венчают разрез неоплейстоцена озерно-ледниковые отложения времени существования Балтийского ледникового озера, представленные преимущественно суглинками и глинами, в том числе ленточными, реже – тонкими и пылеватými песками. Эти отложения широко представлены на поверхности суши и на дне акватории залива, перекрывая морену и водно-ледниковые отложения осташковского оледенения. Мощность их колеблется от 1 до 20 м на суше, достигая 35 м в акватории. В пределах дна залива отложения Балтийского ледникового озера развиты практически повсеместно. В литологическом отношении они представляют собой единый седиментационный цикл, начинающийся горизонтом слоистых ленточноподобных глин, сменяющихся вверх по разрезу уплотненными глинами с намечающейся слоистостью, и завершающийся толщей монотонных глин. Цвет осадков различный с преобладанием буровато- и коричневатых-серых тонов.

Отложения неоплейстоцена перекрыты современными голоценовыми образованиями. Наиболее полно их разрез представлен в акватории Финского залива и Невской губы. Они представлены морскими и озерными отложениями, связанными со стадийным развитием послеледниковой Балтики, а также оловыми, биогенными, аллювиальными и техногенными осадками (Бутылин, 1989).

В процессе эволюции послеледниковой Балтики выделяют три главные стадии – формирование Анцилового озера, образование Литоринового моря и заключительную лимниевую стадию.

В континентальной части города морские и озерные нерасчлененные отложения объединяют осадки, формировавшиеся в течение всех основных послеледниковых стадий развития Балтики. Они выделяются в виде узкой полосы по южному побережью Финского залива, вверх по течению р.Невы до Володарского моста, по р. Охте до района Пороховых, а также в Лахтинской котловине. Представлены они песками, супесями и суглинками серого и голубовато-серого цвета с прослоями разложившегося торфяника. Залегают эти осадки, главным образом, на осадках Балтийского ледникового озера и осташковской морене. Мощность их составляет 1-13 м.

Отложения Анцилового озера в пределах города представлены мелкозернистыми песками, супесями, реже глинами с прослоями торфа и алевролита. Мощность осадков достигает 6-9 м. В пределах дна акватории они представлены серыми или буровато-серыми глинами и алевроглинами. Их отличительной особенностью является присутствие стяжений аутигенных сульфидов (гидротроилит). В кровле анциловых отложений иногда встречается слой голубых глин, обогащенных биоморфными микроконкрециями пирита. Максимальная вскрытая мощность в пределах акватории составляет немногим более 3 м, но преимущественно не превышает 1.0-1.5 метра.

Отложения Литоринового моря распространены на дне Финского залива и вдоль берегов, в Приневской и Лахтинской котловинах, в приустьевой зоне р.Невы. В континентальной части они слагают ряд террас, хорошо выраженных в рельефе. В пределах городских территорий литориновые отложения достигают мощности 13.6 м и представлены гумусированными голубоватыми и серыми песками, супесями и суглинками, местами с включениями вивианита и с выдержанным по простиранию прослоем торфа в середине толщи. К отложениям литоринового моря относятся и гиттиевые глины, которые образуют залежь лечебных грязей месторождения «Сестрорецкий курорт», являющихся единственным в России образованием подобного рода.

В акватории Финского залива литориновые отложения представлены волновыми и бассейновыми отложениями. Осадки волнового генезиса развиты на мелководье Курортного района, а также локально к юго-западу от о-ва Котлин, где формируют Ломоносовскую и Лондонскую отмели, сложенные песками от крупно-среднезернистых до мелкозернистых. Бассейновые отложения, которые могут быть отнесены к нерасчлененным литориновой и лимниевой пачкам (глинисто-алевритовые и алевроглинистые илы с большим количеством органики и растительного детрита), слагают морское дно к северу от о-ва Котлин (Амантов, 2002).

Осадки лимниевой стадии развития Балтики образовались в условиях понижения уровня моря. Они распространены на дне Финского залива вдоль его современных берегов. Мощность отложений колеблется от 0.5 до 3.6 м. Эти осадки представлены в основном волновыми песками современного подводного берегового склона и пляжа. К отложениям лимниевой стадии могут быть также отнесены глинисто-алевритовые и алевроглинистые илы наиболее глубоких частей Невской губы.

Аллювиальные осадки пользуются ограниченным распространением и существуют, в основном, в виде руслового аллювия. Мощность их обычно не превышает 2-3 м. Пойменный аллювий встречается только на реке Неве. Аллювий очень изменчив по составу: от гравийно-галечного материала до супесей и суглинков.

Биогенные отложения, формирующиеся в условиях болот, прежде широко развиты на территории города, в настоящее время встречаются локально в незастроенных районах на окраине города. Среди болот преобладают смешанные и верховые. Сложены биогенные отложения торфом, зале-

гающим на образованиях различного генезиса и возраста. Мощность торфа колеблется от 0.5 до 8.0 м.

Оловые отложения локально развиты на северном побережье Финского залива, иногда образуя дюны высотой до 10-15 м. Дюны сложены однородными мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми желтыми и желто-серыми песками.

Техногенные образования в черте города имеют широкое распространение. Это насыпные грунты, смесь отходов промышленного и строительного производства, бытовых отходов (свалки), шоссезные и железнодорожные насыпи, а также отсыпные и намывные грунты. Мощности их разнообразны, от 1-2 до 7-8 м. В пределах дна акватории к техногенным относятся отложения грунтовых свалок, расположенных в восточной части залива и в Невской губе. Эти свалки образованы за счет грунтов, выбранных с морского дна при дноуглубительных работах в пределах, как старых фарватеров, так и при прокладке новых. Перемещаемый грунт может быть представлен широким спектром отложений – от морены до современных илов. На морском дне они обычно подвержены интенсивному размыву. Мощность этих образований в акватории изменчива и достигает 10 м.

Озерные отложения в пределах суши распространены довольно широко, особенно на севере района в современных озерах. Они представлены песками, глинами и илами. Мощность отложений достигает 3м.

#### 4.3 Поверхностные образования дна акватории

В пределах дна акватории Финского залива и Невской губы, примыкающей к городу, развиты различные по гранулометрическому составу отложения от валунных отмосток до глинистых илов (Невская губа, 2004; Амантов, 2002).

В восточной части Невской губы донные осадки формируются, в основном, под воздействием стокового течения реки Невы. С востока на запад (по мере снижения скорости потока) образуются песчаные (мелко- и тонкозернистые пески) и алевро-песчаные осадки аллювиально-морского происхождения. Вдоль северного и южного берегов Невской губы выделены области современной волновой аккумуляции, в которых образуются хорошо сортированные мелко- и средне-мелкозернистые пески. Волновые пески развиты также по периферии Ломоносовской отмели. Непосредственно за зоной волновой аккумуляции вдоль южного берега Невской губы, на подводных поднятиях, а также вдоль северного берега и на участках дна от Лисьего Носа до КЗС располагаются зоны размыва, здесь донные осадки представлены разнотипными плохо сортированными песками и гравием с галькой. Нижняя граница волновых песков, развитых вдоль южного берега Невской губы, располагается на глубинах 2-2.5 м. Зона развития аналогичных осадков вдоль северного берега Невской губы, где воздействие волновых процессов более интенсивно, отмечается до глубин 4-4.5 м. В западной части Невской губы в относительно пониженной части ее дна (глубже 4 м) в настоящее время развиты осадки бассейнового типа, представленные пелитами, алевролитами и алевро-пелитами.

К западу от КЗС на прибрежном мелководье Курортного района от устья р.Приветная до пос.Репино и от мыса Дубовской до КЗС преобладают процессы размыва и транзита наносов. В первом случае поверхность дна сложена валунно-галечными отложениями с незакономерно расположенными на ее поверхности пятнами песчаного материала. Во втором случае на поверхности валунного бенча наблюдаются вдольбереговые подводные песчаные валы. Значительное по площади поле валунных и валунно-галечных отложений закартировано также у западного берега о-ва Котлин. Это поле оконтурено широким полем песков с гравием и галькой. Зона устойчивой песчаной аккумуляции расположена в районе изменения направления береговой линии (пос.Солнечное – г.Сестрорецк). В районе станции Курорт, а также между устьем р.Сестры и м.Таркала наблюдаются процессы заболачивания и зарастания прибрежного мелководья водной растительностью. Алевро-пелитовые илы зоны современной бассейновой аккумуляции развиты к западу от КЗС в пределах относительного понижения донного рельефа, ограниченной 10-ти метровой изобатой. Мощность этих осадков не превышает 60-70 см.

#### 4.4. Тектоника, неотектоника

В геологическом отношении территория города характеризуется типичным платформенным двухэтажным строением. Нижний этаж – фундамент – сложен преимущественно свекокарельскими комплексами. Он дооформлен массивами и, возможно, небольшими отрицательными структурами готского яруса, и с резким структурным несогласием практически повсеместно перекрыт плитным чехлом позднебайкальского цикла, который характеризует верхний этаж. Пенепленезированная поверхность кристаллического фундамента крайне полого, под углом не более 20°, погружается на юго-восток.

Тектоническое строение определяется структурой кристаллического фундамента погребенного склона Балтийского щита и условиями залегания осадочного чехла (Гарбар, 1981). Анализ структур, выделяемых по геолого-геофизическим данным, показывает, что большинство их связано с сетью тектонических нарушений. Это позволяет рассматривать образовавшиеся «блоки» как геодинамические системы, сформированные в процессе геологической эволюции земной коры. Размер таких блоков 40-60 км, что отражает характерное свойство делимости верхнекоровых элементов литосферы.

Так называемый Ленинградский блок, включающий площадь мегаполиса, выражен в гравитационном поле положительной аномалией, что обусловлено повышенной плотностью пород, слагающих кристаллический фундамент. Крупным тектоническим элементом, определяющим обстановку здесь в целом, является выделяемый по геолого-геофизическим данным региональный разлом по линии Вещево-Колпино-Чудово. У северной границы площади электроразведочными работами установлено смещение поверхно-

сти кристаллического фундамента амплитудой до 40 м, которому соответствует аналогичное смещение пород вендского комплекса. В пределах Санкт-Петербурга на пересечении этого разлома с разрывными нарушениями, трассирующимися с запада, расположен участок трассы метрополитена со сложными горно-геологическими условиями.

Блоки, разделяемые мощным разломом, двигаются под воздействием слабых землетрясений. Каждый из блоков характеризуется своей частотой колебаний. Как это сказывается на сооружениях, расположенных в зоне разлома, пока не ясно, но что этот постоянно действующий активный тектонический фактор существует – несомненно.

При составлении схемы рельефа кристаллического основания в пределах Санкт-Петербурга малоамплитудные линейные понижения в фундаменте отнесены к классу денудационно-эрозионных структур, а в осадочном чехле – к классу структур обтекания. В принципе подобные структуры могут иметь и тектоническую природу – это либо сбросы, либо взбросы, образовавшиеся в условиях хрупких деформаций верхних горизонтов земной коры в период фанерозойских активизаций.

Основные элементы кристаллического фундамента сформировались к рубежу 1.6-1.8 млрд. лет назад в результате аккреции на активной западной части Восточно-Европейского кратона. Тектонические движения в периоды активизаций связаны в основном со сдвигами. Конец позднего протерозоя на Восточно-Европейской платформе характеризуется активизацией глубинных процессов, происходящих уже в условиях «зрелой коры». Начиная с рубежа 620 млн. лет назад начинается формирование осадочного чехла, тектоническое развитие территории определяется механизмом внутриплитной тектоники. При проявлении в периоды активизации горизонтальной составляющей каждая геодинамическая система реагировала в соответствии со своей уже сформированной структурой и использовала для разрядки напряжения наиболее близкую по направлению сеть разломов. Система разломов кристаллического фундамента была активизирована в постордовикское время, что нашло отражение и в структуре осадочного чехла, в которой в значительной степени отражена морфология поверхности фундамента. Последняя наклонена на юго-восток (примерно 2 м на 1 км) и осложнена рядом желобообразных впадин, вытянутых в юго-восточном направлении. Предполагается, что эти впадины имеют эрозионное происхождение и приурочены к ослабленным зонам древних разломов.

В строении осадочного чехла выделяются три структурных яруса, отражающих этапы тектогенеза: верхнебайкальский, образованный поздневендскими и раннекембрийскими отложениями, каледонский, сложенный средне-позднекембрийскими и ордовикскими образованиями и герцинский, затрагивающий соседние с юга территории. Структурные ярусы разделяются отчетливо выраженными стратиграфическими перерывами.

Верхнебайкальский структурный ярус, который начинает собственно плитный этап развития территории, залегает несогласно на денудированной поверхности кристаллического фундамента. На поверхность эти образования выходят на большей части территории, практически до подножия Балтийско-Ладожского уступа – глинта. Нижние горизонты этого яруса осложнены пликативными куполовидными поднятиями и впадинами, связанными с аналогичными блоками фундамента. Колпинское поднятие размером в плане 5х2 км близ восточной окраины г. Колпино имеет амплитуду по кровле фундамента 20-25 м, по подошве – 15-20 м. Отрицательной структурой является Белоостровская впадина с размером в плане 11х2,5 км и амплитудой по фундаменту до 25 м.

Каледонский структурный ярус залегает с перерывом и структурным несогласием на кембрийских глинах и в весьма сглаженном виде отражает особенности пликативной тектоники подстилающего яруса.

Роль неотектонических процессов заключается, прежде всего, в сводовом поднятии Балтийского щита. В региональном плане имела и имеет место микросейсмическая трещиноватость.

На территории Санкт-Петербурга отчетливо выражены две формы новейших тектонических движений: региональные, связанные с поднятием Балтийского щита, и локальные (Можаев, 1979; Дверницкий, 2001; Ядута, 2003). Основной вид неотектонических процессов – это эпейрогенические движения, вызвавшие перекосы земной поверхности после исчезновения ледникового покрова. Наиболее четко они выражены в деформациях береговых линий озерных и морских бассейнов. Считается, что в первое время после исчезновения ледникового покрова поднятие земной коры было обусловлено гляциостатическим фактором (компенсация, снятие ледниковой нагрузки). Начиная со среднего голоцена, происходит существенное уменьшение этого эффекта. По данным проведенного за последнее время высокоточного нивелирования, выполненного Россией, Эстонией и Финляндией, установлено преобладание в регионе современных восходящих движений земной коры со скоростью 0.5-1.5 мм/год, увеличение интенсивности поднятия происходит в северо-западном направлении. Но эта общая тенденция достаточно неравномерна по площади и нарушается локальными поднятиями и опусканиями. Местами на современные вертикальные движения существенно влияют техногенные нагрузки: городское крупномасштабное строительство, строительство крупных гидротехнических сооружений, интенсивная эксплуатация водоносных горизонтов и др. Этим можно объяснить отмеченное в пределах городских территорий Санкт-Петербурга и Сестрорецка преобладание движений отрицательного знака до 1.5-2.5 мм/год. Систематические наблюдения за подобными подвижками (2005-2006 гг.) обнаружили их разнонаправленный пульсационный характер.

Наряду с движениями, имеющими региональный характер, выявлены локальные аномалии, предположительно обусловленные неотектоническими движениями и выраженные в рельефе в виде геоморфологических аномалий различного характера.

На рассматриваемой территории достаточно широко развиты проявления гляциотектоники в виде разнообразных пликативных и дизъюнктивных

нарушений залегания дочетвертичных пород и крупных разновозрастных отторженцев.

# Геологическая карта дочетвертичных образований

Масштаб 1:200 000



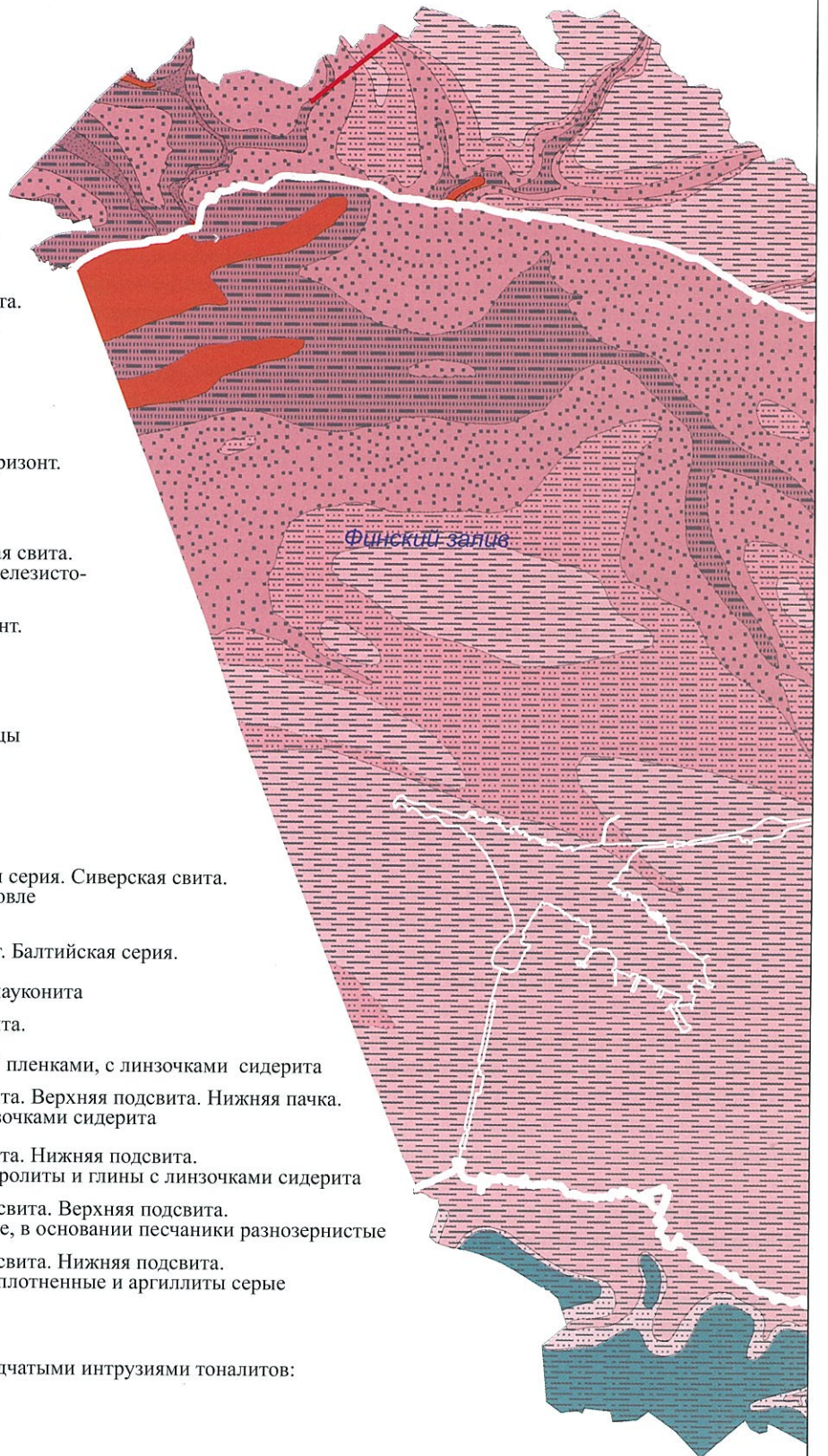
## Условные обозначения

### Стратиграфические подразделения

- Q Четвертичная система. Отложения нерасчлененные
- D<sub>sr</sub> Девонская система. Средний отдел. Эйфельский ярус. Наровский горизонт. Наровская свита. Мергели, доломиты, глины карбонатные, прослои песчаников и алевролитов, в основании местами доломиты брекчевидные
- O<sub>nd</sub> Ордовикская система. Средний отдел. Лландейловский ярус. Ухакусский горизонт. Медниковская свита. Верхняя подсвита. Известняки неравномерно-глинистые с прослоями мергелей, в верхней части - с редкими линзочками горючих сланцев
- O<sub>nd</sub> Ордовикская система. Средний отдел. Лланвирнский ярус. Азерский и ласнамягский горизонт. Медниковская свита. Нижняя подсвита. Известняки неравномерно доломитизированные, внизу с железистыми оолитами - "верхний чечевичный слой"
- O<sub>ob</sub> Ордовикская система. Средний отдел. Лланвирнский ярус. Кундаский горизонт. Обуховская свита. Известняки и доломиты с тонкими прослойками мергелей и глин, в основании с бурыми железисто-фосфатными оолитами - "нижний чечевичный слой"
- O<sub>lt-vf</sub> Ордовикская система. Нижний отдел. Аренигский ярус. Латорийский и волховский горизонт. Волховская и лезтеская свиты объединенные. Глауконитовые песчаники и глауконитовые известняки и доломиты
- O<sub>ts-kr</sub> Ордовикская система. Нижний отдел. Тремадокский ярус. Пакерортский горизонт. Тосненская и копорская свиты объединенные. Пески и песчаники с фосфатным раковинным детритом, аргиллиты - диктионемовые сланцы
- E<sub>ld</sub> Кембрийская система. Верхний отдел. Аксайский ярус. Ладожская свита. Пески и песчаники кварцевые с примесью фосфатного детрита
- E<sub>sb</sub> Кембрийская система. Средний отдел. Амгинский и майский ярус. Саблинская свита. Пески и песчаники кварцевые с редкими тонкими прослойками алевролитов и глин
- E<sub>sv</sub> Кембрийская система. Нижний отдел. Томмотский ярус. Лонтоваский горизонт. Балтийская серия. Сиверская свита. Глины алевролитовые, вверху и внизу с редкими прослойками песчаников кварцевых, в кровле местами с каолиновой корой выветривания
- V<sub>ld</sub> Кембрийская система. Нижний отдел. Томмотский ярус. Ровенский и лонтоваский горизонт. Балтийская серия. Ломоносовская свита. Песчаники и алевролиты глинистые, вверху чередующиеся с глинами, с вкрапленностью глауконита
- V<sub>kt</sub> Вендская система. Верхний отдел. Котлинский горизонт. Валдайская серия. Котлинская свита. Верхняя подсвита. Верхняя пачка. Глины уплотненные зеленовато-серые, тонкослоистые с органическими "ламинариновыми" пленками, с линзочками сидерита
- V<sub>kt?</sub> Вендская система. Верхний отдел. Котлинский горизонт. Валдайская серия. Котлинская свита. Верхняя подсвита. Нижняя пачка. Переслаивающиеся глины, алевролиты и песчаники с преобладанием первых вверху, с линзочками сидерита
- V<sub>kt</sub> Вендская система. Верхний отдел. Котлинский горизонт. Валдайская серия. Котлинская свита. Нижняя подсвита. Песчаники мелкозернистые, в основании разнозернистые до крупнозернистых, вверху алевролиты и глины с линзочками сидерита
- V<sub>sr</sub> Вендская система. Верхний отдел. Редкинский горизонт. Валдайская серия. Старорусская свита. Верхняя подсвита. Глины уплотненные с аргиллитами, серые и пестроцветные, местами алевролиты глинистые, в основании песчаники разнозернистые
- V<sub>sr</sub> Вендская система. Верхний отдел. Редкинский горизонт. Валдайская серия. Старорусская свита. Нижняя подсвита. Песчаники разнозернистые, в основании крупнозернистые и гравелистые, вверху - глины уплотненные и аргиллиты серые
- ++ Венский. Кузнеченский комплекс гранитовый: граниты биотитовые порфиристо-бластические
- gPR<sub>1</sub> Нижний протерозой. Лахденпохский метаморфический комплекс нерасчлененный с соскладчатыми интрузиями тоналитов: гранулиты, амфиболиты, кристаллические сланцы, гнейсы
- Архей нерасчлененный. Гнейсы мигматизированные и граниты (только на разрезе)

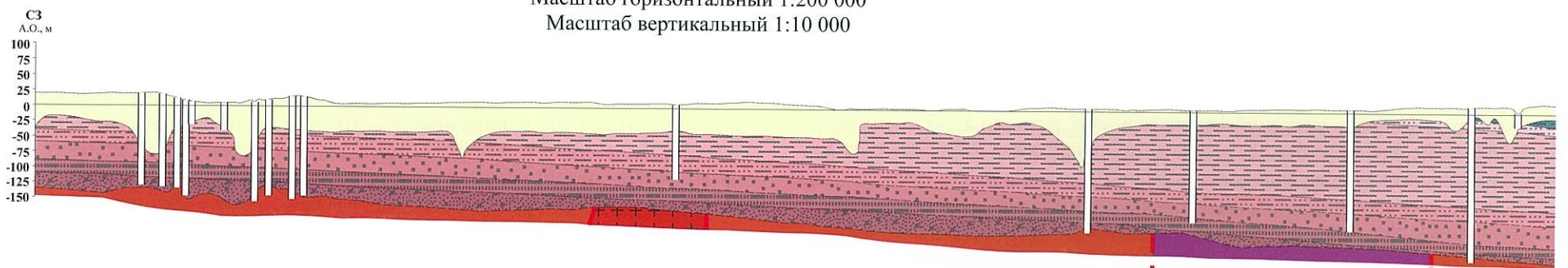
### Прочие знаки

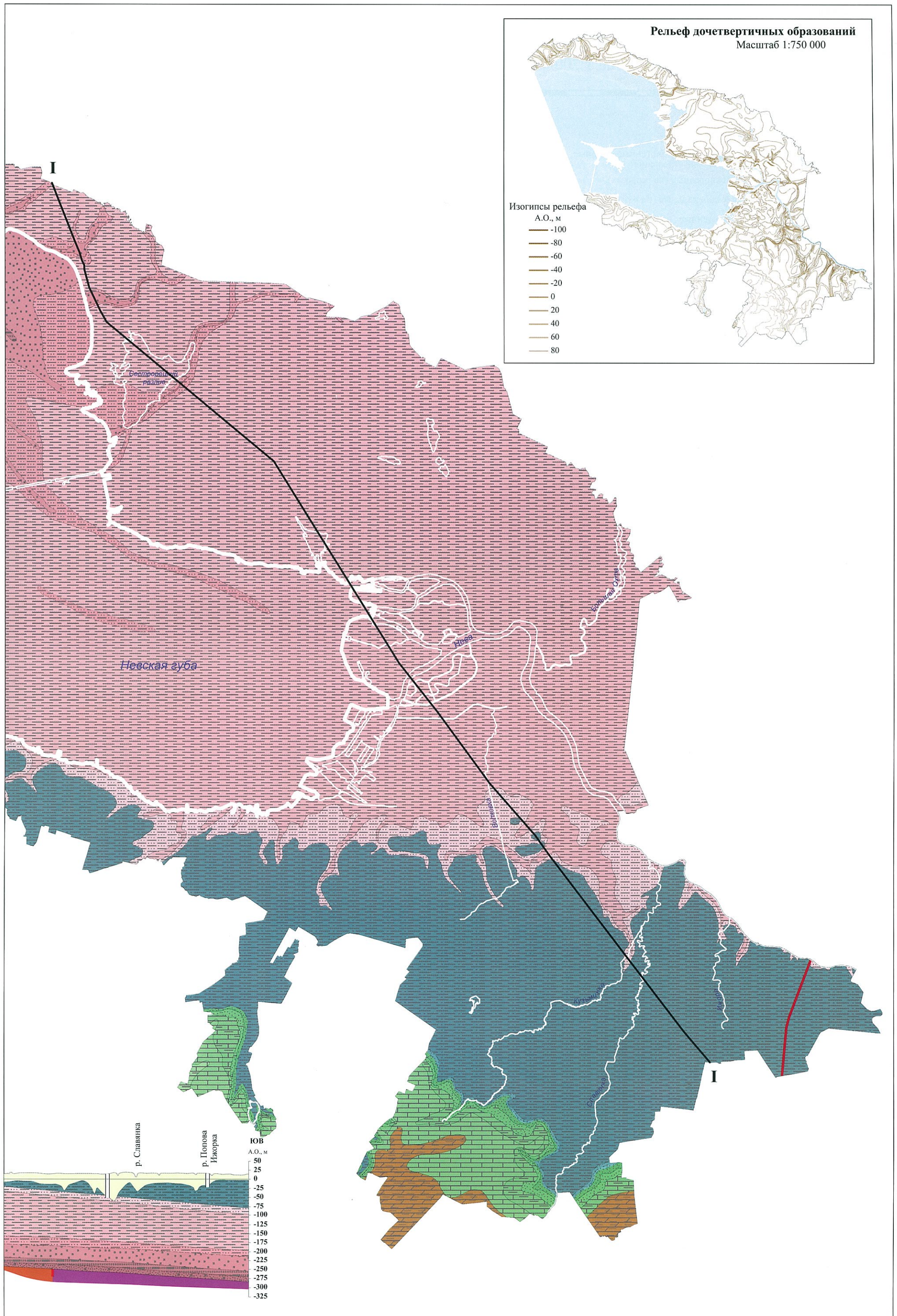
- Разрывные нарушения установленные
- Разрывные нарушения предполагаемые
- Геологические границы
- Границы несогласного залегания
- I Линия разреза



## Геологический разрез по линии I-I

Масштаб горизонтальный 1:200 000  
Масштаб вертикальный 1:10 000





# Геологическая карта четвертичных образований суши

Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

### Стратиграфо-генетические комплексы

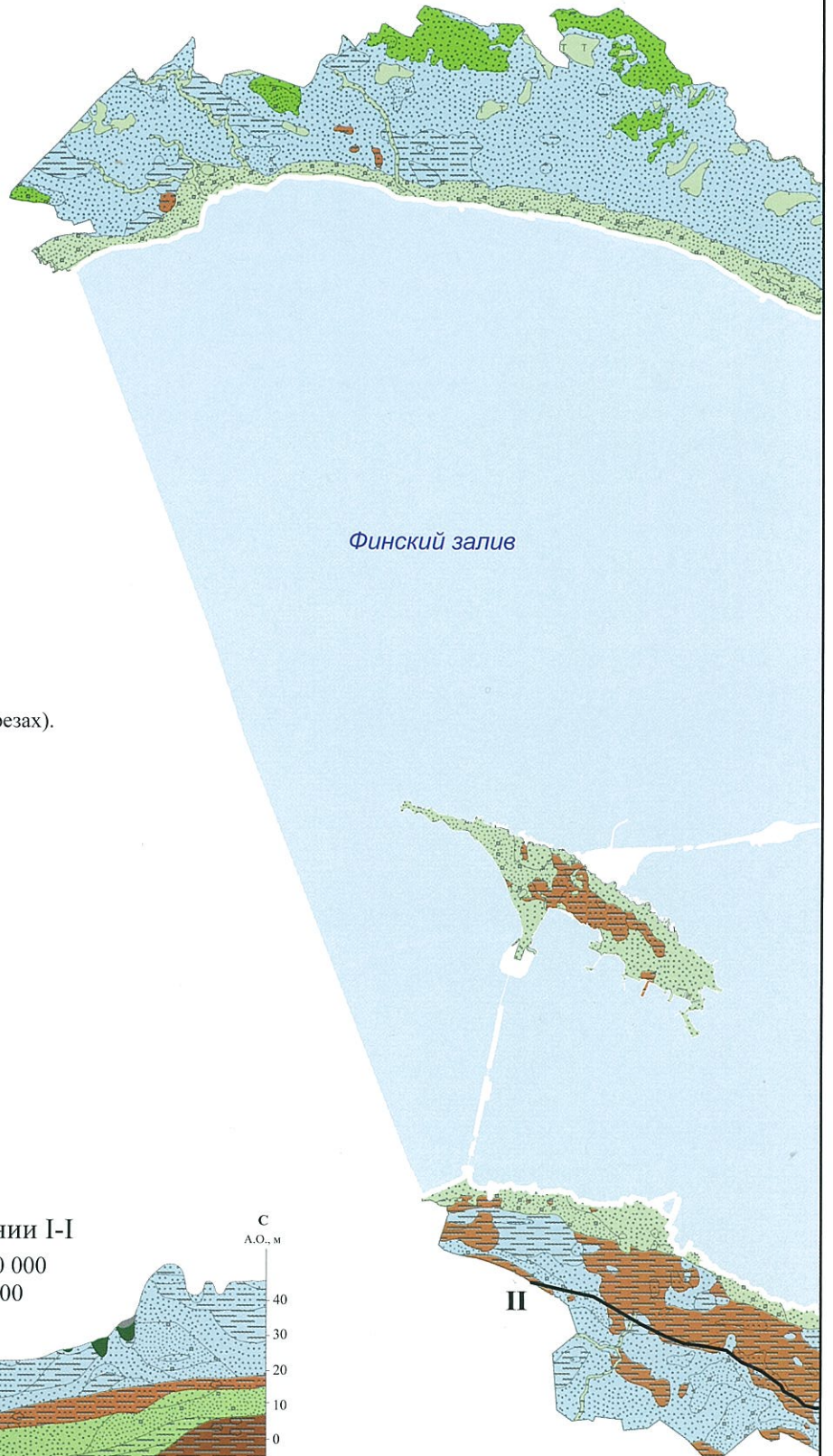
- H Голоцен. Современные техногенные, биогенные, озерные, аллювиальные, морские, эоловые отложения
- t H Голоцен. Современные. Техногенные (на разрезах).
- a H Голоцен. Современные. Аллювиальные (на разрезах).
- pl H Голоцен. Современные. Биогенные (на разрезах).
- m.l H Голоцен. Современные. Морские и озерные (на разрезах).
- lg III bl Плейстоцен. Осташковский горизонт. Гляциолимний (ледниково-озёрные) Балтийского ледникового озера.
- f,lg III os Плейстоцен. Осташковский горизонт. Водно-ледниковые отложения.
- f III os Плейстоцен. Осташковский горизонт. Флювиогляциал (флювиогляциальные) подморенный (на разрезах).
- III pd-os Плейстоцен. Нерасчленённые подморенные отложения (Осташковский, Ленинградский, Подпорожский горизонты) (на разрезах).
- g III os Плейстоцен. Осташковский горизонт. Ледниковые отложения.
- m III mg Плейстоцен. Мгинский горизонт. Мариний (морские) (на разрезах).
- lg II ms Плейстоцен. Московский горизонт. Гляциолимний (ледниково-озёрные) (на разрезах).
- f II ms Плейстоцен. Московский горизонт. Флювиогляциал (на разрезах).
- g II ms Плейстоцен. Московский горизонт. Ледниковые отложения (на разрезах).
- f II vl Плейстоцен. Вологодский горизонт. Флювиогляциал времени отступления ледника (на разрезах).
- Дочетвертичные образования.

### Литология четвертичных образований

- Т Т Т Торф
- Гравийно-валунно-галечные отложения
- Пески разнотерные с гравием и галькой
- Пески мелко и тонкозернистые
- Пески средней крупности и крупные
- Супеси
- Супеси валунные
- Глины, суглинки, супеси слоистые и ленточные
- Суглинки, глины валунные

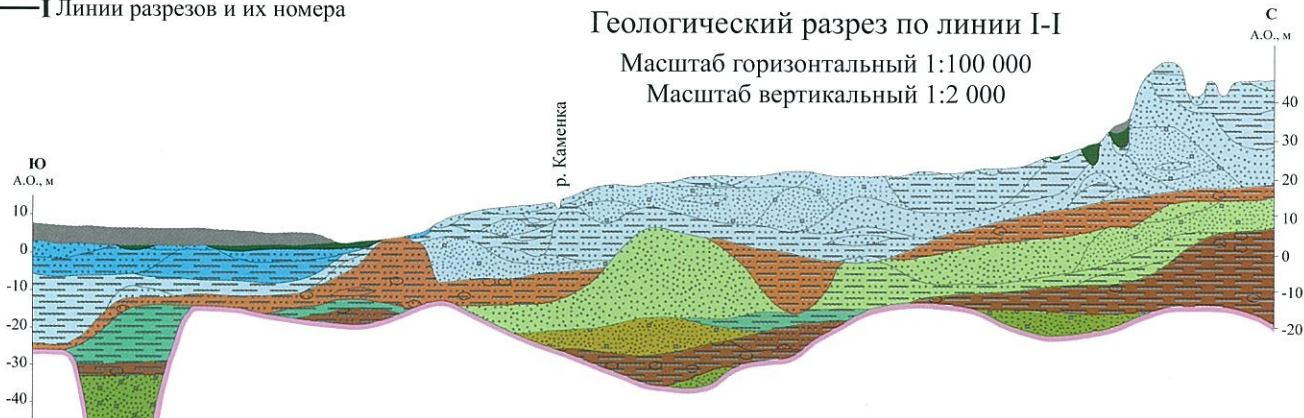
### Прочие знаки

I — I Линии разрезов и их номера



### Геологический разрез по линии I-I

Масштаб горизонтальный 1:100 000  
Масштаб вертикальный 1:2 000

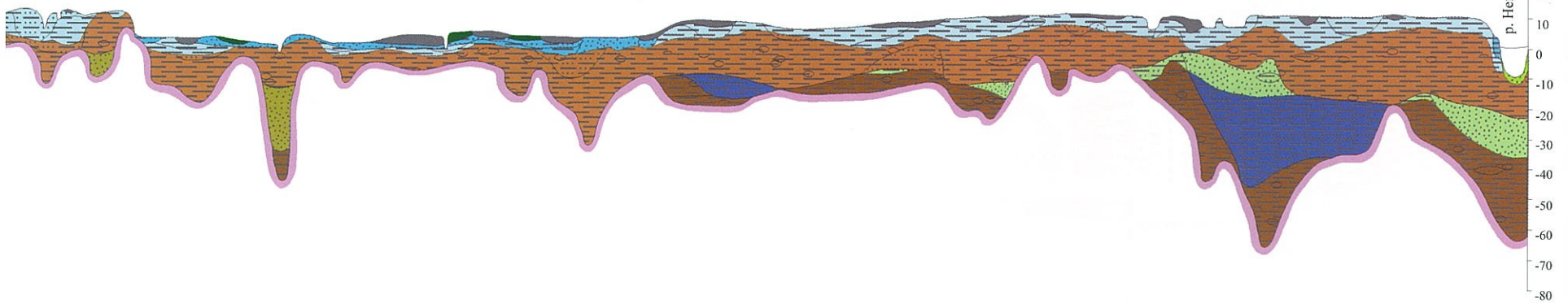


### Геологический разрез по линии II-II

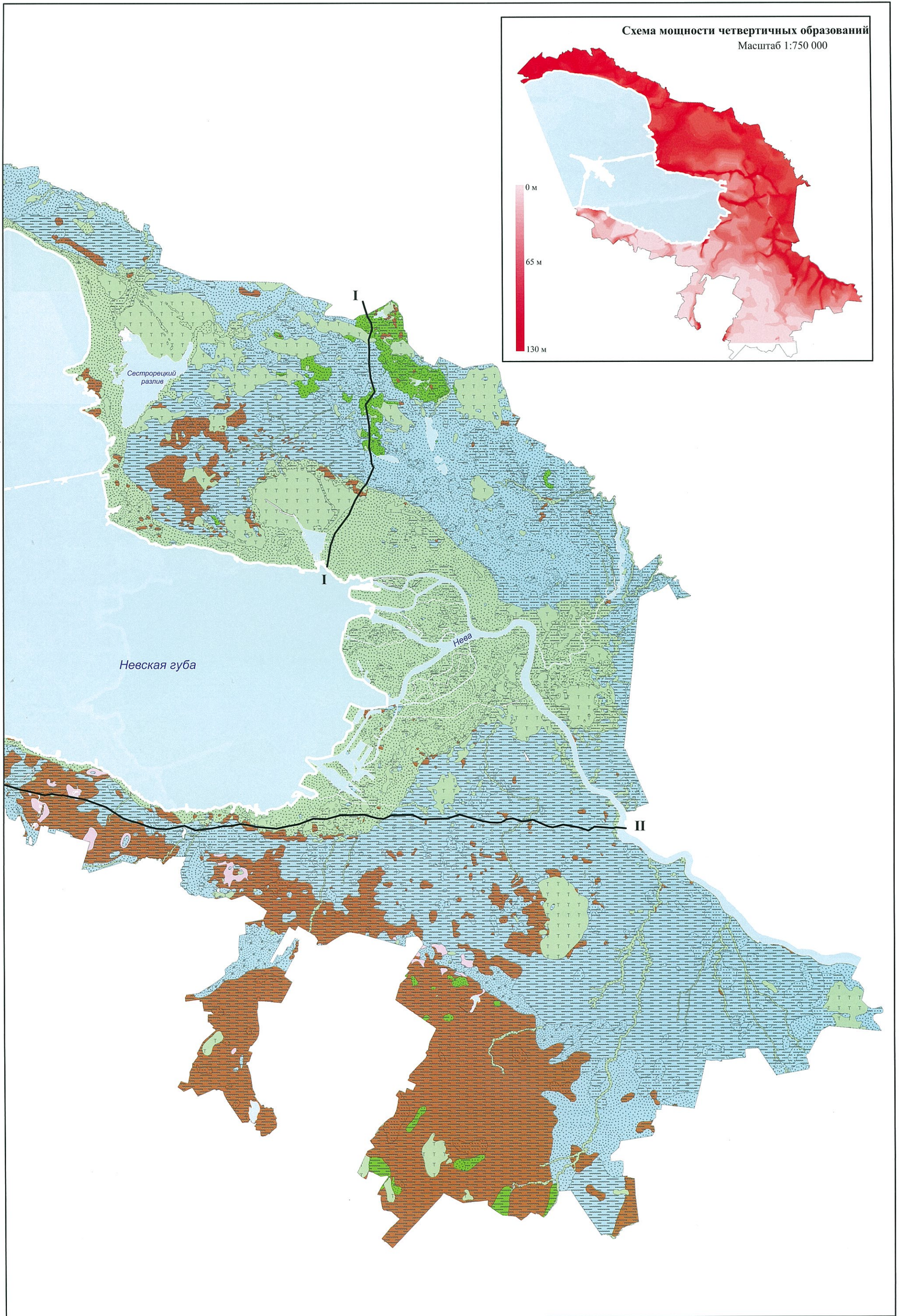
Масштаб горизонтальный 1:100 000  
Масштаб вертикальный 1:2 000



### Геологический разрез по линии II-II (продолжение)

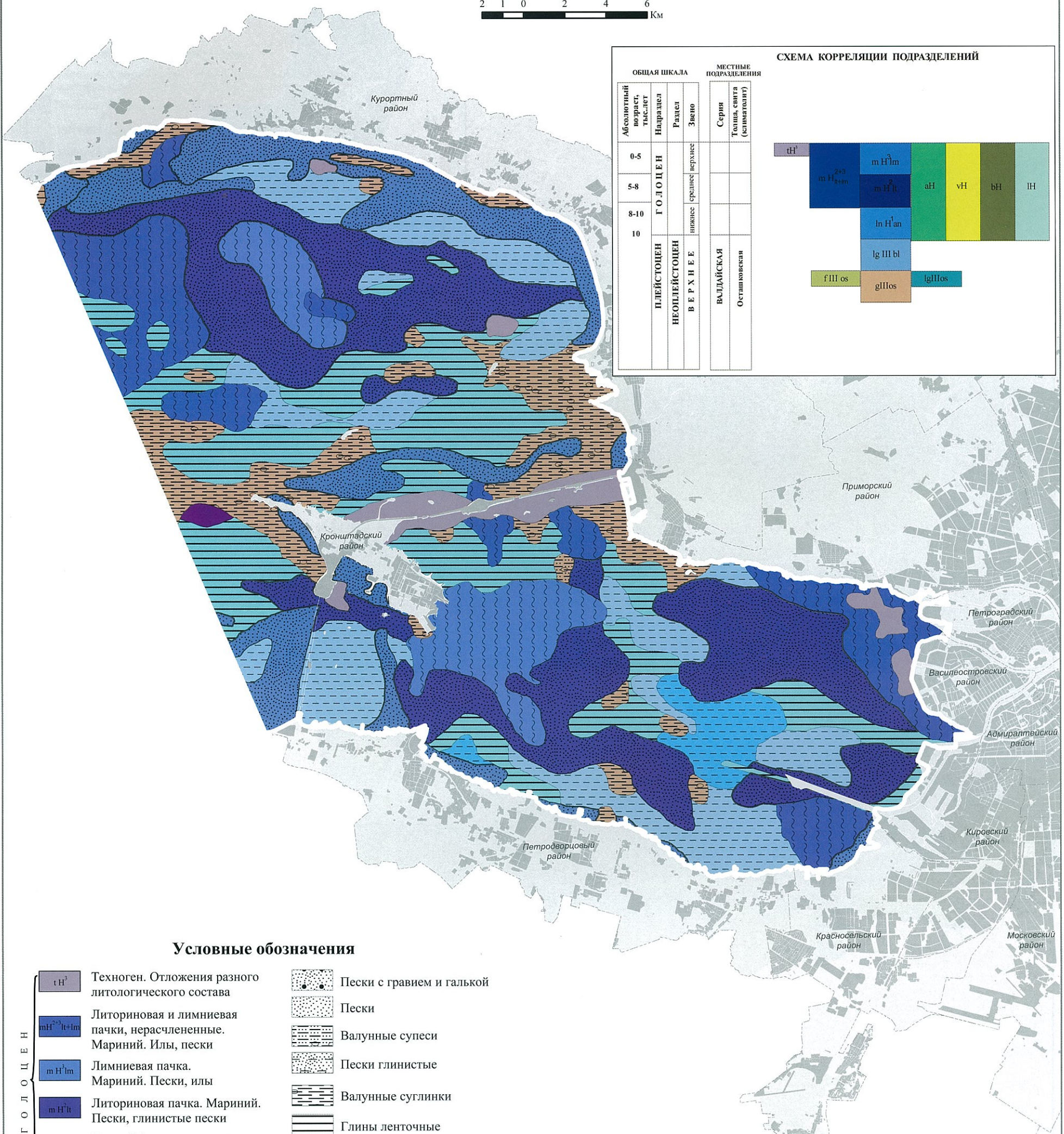






# Геологическая карта четвертичных образований Невской губы и восточной части Финского залива

Масштаб 1:200 000



**СХЕМА КОРРЕЛЯЦИИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ**

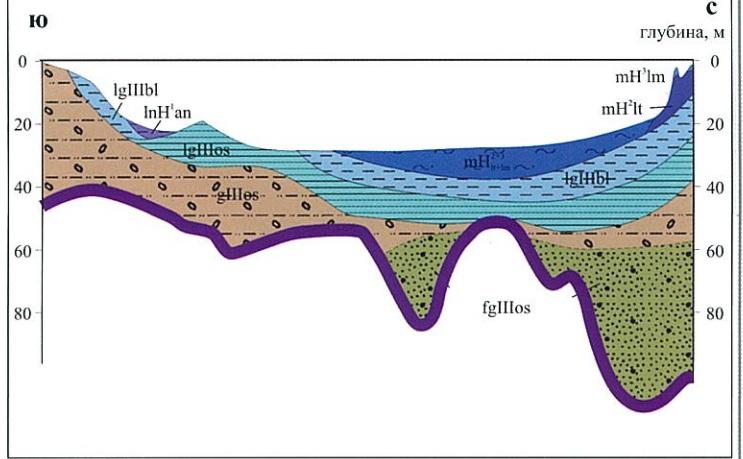
ОБЩАЯ ШКАЛА				МЕСТНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ			
Абсолютный возраст, тысяч лет	Направление	Раздел	Эпоха	Серия	Тошпа, свита (эпипоэлит)		
0-5	ГОЛОЦЕН	верхнее	верхнее	m H <sup>3</sup> lt	aH		
5-8						m H <sup>3</sup> lm	vH
8-10						ln H <sup>1</sup> an	bH
10	НЕОПЛЕЙСТОЦЕН	нижнее	среднее	lg III bl	lH		
				fg III os	g III os		
	ВЕРХНЕ ПЛЕЙСТОЦЕН	нижнее	нижнее	fg III os	g III os		
				g III os	lg III os		
	ВАЛДАЙСКАЯ						
	Осташковская						

## Условные обозначения

- |               |  |  |  |  |
|---------------|--|--|--|--|
| ГОЛОЦЕН       |  | Техноген. Отложения разного литологического состава  |  | Пески с гравием и галькой                      |
|               |  | Литориновая и лимниевая пачки, нерасчлененные. Мариний. Илы, пески                         |  | Пески  |
|               |  | Лимниевая пачка. Мариний. Пески, илы   |  | Валунные супеси                                |
|               |  | Литориновая пачка. Мариний. Пески, глинистые пески   |  | Пески глинистые                                |
|               |  | Лимний Анцилового озера. Глины с гидротроилитом, пески                                     |  | Валунные суглинки                              |
| НЕОПЛЕЙСТОЦЕН |  | Гляциолимний Балтийского ледникового озера. Глины, пески, пески с гравием, ленточные глины |  | Глины ленточные                                |
|               |  | Гляциолимний. Ленточные глины, пески, глинистые пески                                      |  | Глины  |
|               |  | Флювиогляциал. Пески, пески с гравием и галькой  |  | Илы  |
|               |  | Ледниковые отложения - морена. Валунные супеси и суглинки                                  |  | Границы стратиграфо-генетических подразделений |
|               |  | Дочетвертичные образования   |  |  |

## Принципиальный геологический разрез

Масштаб горизонтальный 1:250 000  
Масштаб вертикальный 1:2 500

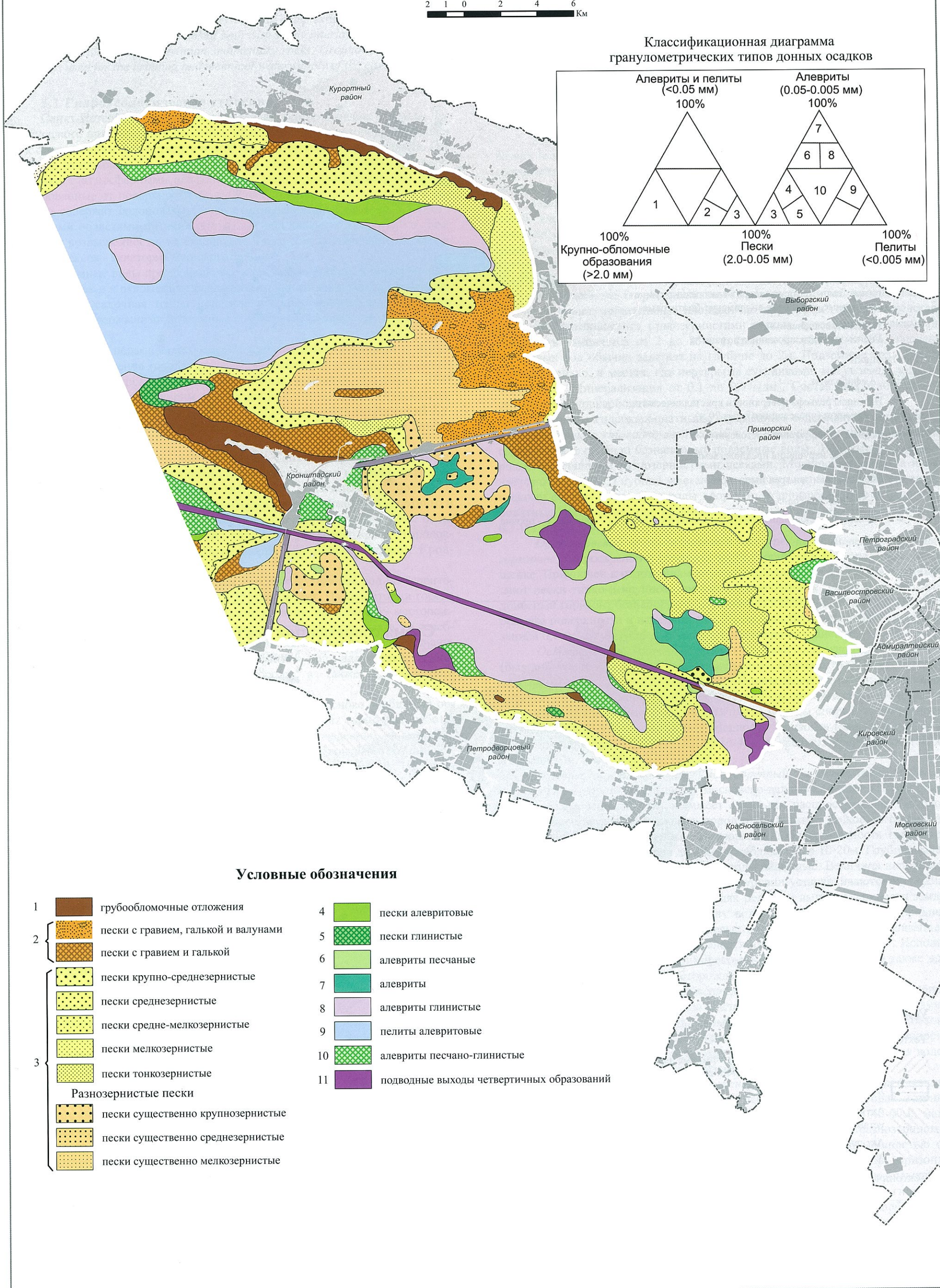
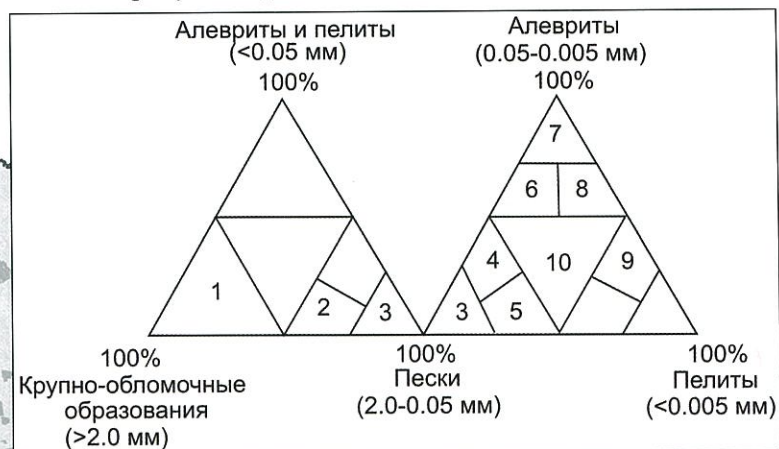


# Литологическая карта поверхности дна Невской губы и восточной части Финского залива

Масштаб 1:200 000



Классификационная диаграмма гранулометрических типов донных осадков



## Условные обозначения

- |   |                                   |                                     |    |  |   |
|---|-----------------------------------|-------------------------------------|----|--|---|
| 1 |                                   | грубообломочные отложения           | 4  |  | пески алевритовые                         |
| 2 |                                   | пески с гравием, галькой и валунами | 5  |  | пески глинистые                           |
|   |                                   | пески с гравием и галькой           | 6  |  | алевриты песчаные                         |
| 3 |                                   | пески крупно-среднезернистые        | 7  |  | алевриты                                  |
|   |                                   | пески среднезернистые               | 8  |  | алевриты глинистые                        |
|   |                                   | пески средне-мелкозернистые         | 9  |  | пелиты алевритовые                        |
|   |                                   | пески мелкозернистые                | 10 |  | алевриты песчано-глинистые                |
|   |                                   | пески тонкозернистые                | 11 |  | подводные выходы четвертичных образований |
|   | Разнозернистые пески              |                                     |    |  |   |
|   |                                   | пески существенно крупнозернистые   |    |  |   |
|   | пески существенно среднезернистые |                                     |    |  |   |
|   | пески существенно мелкозернистые  |                                     |    |  |   |

## Геологическая схема кристаллического фундамента

Масштаб 1:400 000

4 2 0 4 8  
Км

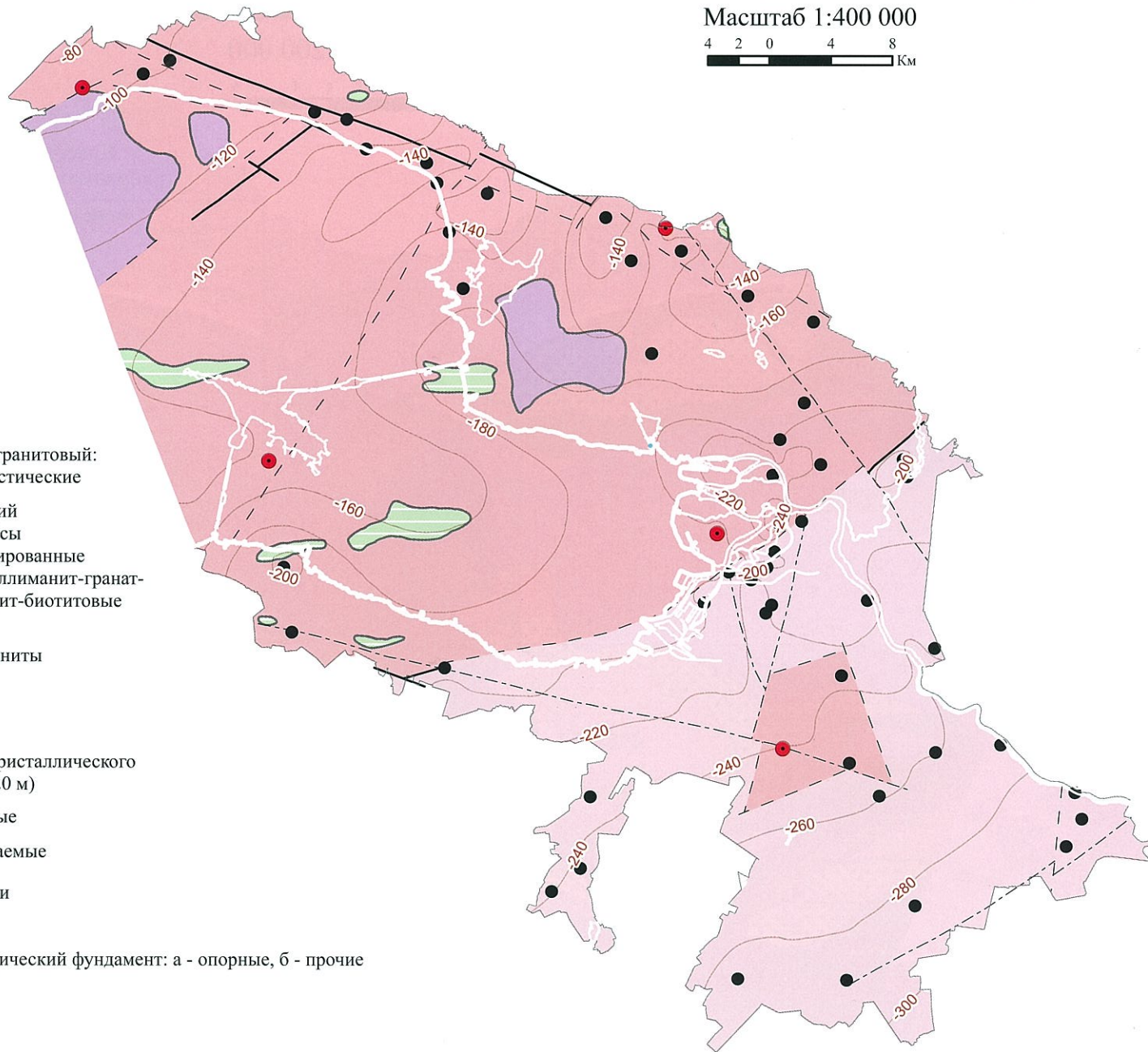
### Условные обозначения

#### Стратиграфические подразделения

- Вепсий. Кузнеченский комплекс гранитовый: граниты биотитовые порфиробластические
- Ранний протерозой. Лахденпохский метаморфический комплекс: гнейсы мигматизированные, калишпатизированные гранат-биотитовые, кордиерит-силлиманит-гранат-биотитовые, кордиерит-силлиманит-биотитовые
- Архей нерасчлененный. Гнейсы мигматизированные и граниты

#### Прочие знаки

- Амфиболиты
- Изогипсы рельефа поверхности кристаллического фундамента (проведенные через 20 м)
- Разрывные нарушения достоверные
- Разрывные нарушения предполагаемые
- Осевые линии зон трещиноватости
- Геологические границы
- а  б Скважины, вскрывшие кристаллический фундамент: а - опорные, б - прочие



## Схема современной тектонической активизации

Масштаб 1:400 000

4 2 0 4 8  
Км

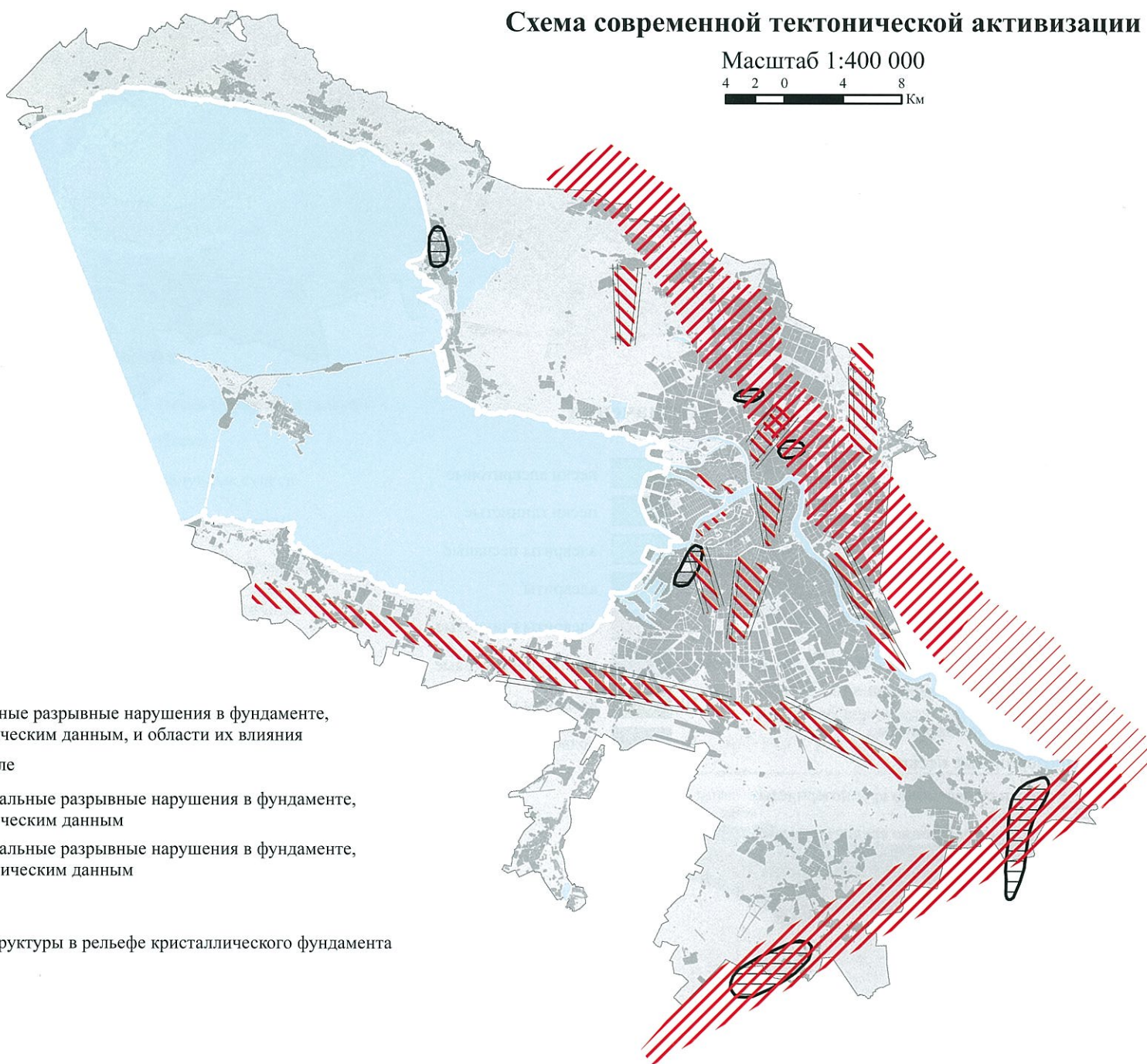
### Условные обозначения

#### Тектонические зоны

- Активизированные локальные разрывные нарушения в фундаменте, установленные по геофизическим данным, и области их влияния
- Локальные поднятия в чехле
- Активизированные региональные разрывные нарушения в фундаменте, установленные по геофизическим данным
- Активизированные региональные разрывные нарушения в фундаменте, предполагаемые по геофизическим данным

#### Тектонические нарушения

- Контрастные линейные структуры в рельефе кристаллического фундамента



## 5. Гидрогеологическое строение и инженерно-геологические условия

*St. Petersburg is located in the northwestern flank of the Leningrad Artesian Basin; groundwater is confined to the pre-Quaternary and Quaternary sediments. Deposits, lying to a depth of about 50 m having a direct relationship with precipitation, host fresh groundwater. Aquifers isolated from the surface contain brackish (salinity of 1-5.5 g/dm<sup>3</sup>) water. Water-bearing complexes drain away into the Gulf of Finland. Groundwater is linked both with sandy interlayers of Quaternary deposits and with Vendian-Devonian sedimentary rocks. Groundwater of St. Petersburg is used for the drinking and technical water supply of the city.*

### 5.1 Гидрогеологическое строение

Санкт-Петербург находится в пределах северо-западного крыла Ленинградского артезианского бассейна, подземные воды которого приурочены к образованиям, как четвертичного, так и дочетвертичного возраста. Отложения, залегающие до глубины порядка 50 м., имеющие непосредственную связь с атмосферными осадками, содержат пресные подземные воды. Изолированные от поверхности, более глубоко залегающие водоносные горизонты содержат солоноватые воды с минерализацией от 1 до 5,5 г/дм<sup>3</sup>. Основными областями питания подземных вод являются Ижорская и Лемболовская возвышенности, а региональным базисом дренирования водоносных комплексов - акватория Финского залива

Подземные воды приурочены как к песчаным прослоям четвертичных отложений, так и к отложениям осадочной толщи от вендского до девонского возраста. Осадочная толща подстилается кристаллическими породами фундамента, содержащими подземные воды архейско-нижнепротерозойской зоны.

Подземные воды используются для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения города; для розлива в качестве минеральных столовых (ЗАО «Полюстрово», ОАО Пивоваренная компания «Балтика», ЗАО «Петроспирт», ГУЗ «Санаторий «Белые ночи»); для бальнеологических целей (ООО «Санаторий «Петродворец», ЗАО «Санаторий Сестрорецкий Курорт», ГУЗ «Детский санаторий - реабилитационный центр «Детские Дюны» и др.).

Несмотря на то, что водоснабжение Санкт-Петербурга базируется, главным образом, на использовании поверхностных вод р. Невы, ежегодно добывается и используется порядка 14,5 млн. м<sup>3</sup> подземных вод. Доля подземных вод в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения Курортного и Красносельского районов Санкт-Петербурга составляет порядка 50%. Большое значение имеют подземные воды для водоснабжения городов-спутников Санкт-Петербурга - Петродворца (фонтанная система), Кронштадта и Ломоносова.

Суммарные прогнозные ресурсы пресных подземных вод по территории Санкт-Петербурга оцениваются в 255 тыс. м<sup>3</sup>/сут. На территории города находится 345 эксплуатационных скважин на воду; разведано 39 месторождений подземных вод, в том числе 26 месторождений питьевых и 13 лечебных минеральных. Разведанные эксплуатационные запасы позволяют значительно расширить использование подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения города, а также для лечебно-оздоровительных целей.

Представленные в Атласе карты построены на основе обобщения обширного материала геологических и гидрогеологических съемочных работ и специальных гидрогеологических исследований, проведенных за период с 50-60 годов двадцатого столетия (Яцкевич, 1955 ф; Стронская, 1969 ф; Гасс, 1982 ф; Шебеста, 1982 ф; Селадина, 1983 ф; Дмитриев, 1989 ф; Насонова 1995 ф) по настоящее время (Ауслендер, 2001 ф; Андреева, 2002 ф).

Приведенные в Атласе гидрогеологические карты масштаба 1:200 000 отражают распространение на площади города различных гидрогеологических подразделений. Карты содержат стратиграфо-генетическую и литологическую характеристику водовмещающих пород и водоупоров. На картах отображен химический состав подземных вод, приведены гидрогеологические разрезы, содержащие сведения об уровнях подземных вод и мощностях гидрогеологических подразделений. На гидрогеологической карте четвертичных образований отображены также водоносные горизонты, залегающие ниже первых от поверхности. На гидрогеологической карте дочетвертичных образований выделены области с различной величиной водопроницаемости. Приведена схема гидрохимического районирования.

Гидрогеологические подразделения на картах выделены в соответствии с современной гидрогеологической стратификацией.

#### Подземные воды четвертичных отложений

В четвертичных отложениях выделяются следующие гидрогеологические подразделения

*Голоценовый техногенно-морской слабоводоносный горизонт* приурочен к техногенным отложениям, представленным насыпными промышленными и бытовыми отходами, а также намывными грунтами в северо-западной части города. Отложения образуют единый водоносный горизонт. Мощность отложений изменяется от 1 до 12 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод - менее 2 м. Химический состав и минерализация грунтовых вод очень не постоянны. В северной и южной частях преобладают сульфатно-гидрокарбонатные воды с минерализацией до 0,5 г/дм<sup>3</sup>. В центральной части состав сульфатный и хлоридный при высоком содержании нитратов и с минерализацией 1-3,8 г/дм<sup>3</sup>.

*Голоценовый болотный водоносный горизонт* приурочен к болотным отложениям, представленным торфами мощностью 3-5 м. Горизонт безнапорный. Вода залегает на глубине от 0,2 до 1,0 м. Болотные воды гидрокарбонатные натриево-кальциевые и магниевые-кальциевые мягкие, с минерализацией 0,2-0,3 г/дм<sup>3</sup>.

*Голоценовый аллювиально-озерный водоносный горизонт* объединяет современные аллювиальные и озерные отложения. Водовмещающие породы представлены разнозернистыми песками и супесями. Мощность составляет 0,5-7,0 м. Глубина залегания грунтовых вод обычно 0,5-1,0 м. Воды безнапорные. По химическому составу пресные с минерализацией 0,1-0,5 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонатные со смешанным катионным составом.

*Голоценовый озерно-морской водоносный горизонт* имеет ограниченное распространение вдоль побережья Финского залива. Водовмещающие породы представлены песками, супесями с прослоями суглинков. Общая мощность от 2 до 15 м. Глубина залегания уровня воды от 0 до 5 м. Воды пресные, гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом.

*Верхнеплейстоцен-голоценовый надморенный водоупорный горизонт* развит повсеместно. Представлен суглинками и глинами. Общая мощность составляет 10-15 м. Залегает, как правило, первым от поверхности, реже перекрыт торфяниками, аллювиальными и озерно-ледниковыми отложениями.

*Осташковский озерно-ледниковый надморенный слабоводоносный локально водоупорный горизонт* развит локально. Горизонт представлен ленточными глинами, содержащими песчаные и супесчаные прослои. Общая мощность отложений изменяется от 0,8 до 15,0 м. Уровень воды залегает на глубине от 0,2 до 6,0 м. Воды пресные гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые.

*Осташковский озерно-ледниковый надморенный слабоводоносный горизонт* занимает значительные площади на территории города и представлен переслаивающимися тонкозернистыми песками, супесями и суглинками. Мощность изменяется от 2 до 25 м, составляя в среднем 8-15 м. Уровень грунтовых вод обычно залегает на глубине до 2 м. Подземные воды безнапорные, однако, в местах, где перекрыты суглинками, могут иметь небольшой напор. Минерализация от 0,1 до 0,9 г/дм<sup>3</sup>. Состав гидрокарбонатный, сульфатно-гидрокарбонатный и хлоридно-гидрокарбонатный с переменным содержанием катионов.

*Осташковский водно-ледниковый надморенный водоносный горизонт* содержит, как правило, безнапорные подземные воды. Водовмещающие породы представлены разнозернистыми песками. Мощность горизонта изменяется от 1 до 30 м. Глубина залегания уровня воды от 0,3 до 5-8 м. По химическому составу подземные воды хлоридно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатные, натриевые или кальциево-натриевые, пресные (минерализация 0,1-0,2 г/дм<sup>3</sup>).

*Осташковский водно-ледниковый надморенный камовый водоносный горизонт* распространен в северной части территории на Карельском перешейке. Приурочен к отложениям внутриледниковых озер - камам. Преобладают пески тонко- и крупнозернистые с включениями гравия и гальки. Водоносный горизонт безнапорный. Глубина залегания уровня воды зависит от рельефа поверхности и изменяется от 0,1 до 45 м. Воды пресные с минерализацией 0,1-0,5 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые.

*Осташковский моренный относительно водоупорный горизонт* (бывший лужский) распространен практически повсеместно. Отсутствует на отдельных участках, где размывает водно-ледниковыми потоками («гидрогеологические окна» в морене). Литологический состав комплекса представлен валунными суглинками и супесями. В толще морены спорадически развиты песчаные линзы и прослои. Общая мощность горизонта изменяется от полного отсутствия в местах размыва до 30-45 м. В среднем мощность составляет около 10 м.

*Московско-осташковский межморенный водоносный локально-водоупорный горизонт* (бывший московско-валдайский или «Полюстровский») межморенный горизонт имеет локальное распространение. Литологический состав водовмещающих пород от пылеватых песков до гравийно-галечных и гравийно-валунных образований. Общая мощность горизонта изменяется от первых метров до 40 м, преобладающая 10-20 м. Глубина залегания кровли от 5 до 40 м. Подземные воды напорные. Величина напора изменяется от 1 до 40 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубинах 3-10 м. В долинах рек и понижениях рельефа - выше поверхности земли на 0,6-4,5 м. По химическому составу воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или натриевые с минерализацией 0,1-0,6 г/дм<sup>3</sup>, с содержанием двухвалентного железа до 3-9 мг/дм<sup>3</sup>. Используется для водоснабжения в Приморском, Колпинском районах, а также для резервного водоснабжения (месторождение «Гражданское»).

*Московский моренный относительно водоупорный горизонт* севернее р. Невы имеет почти сплошное (за исключением отдельных участков размыва) распространение. Горизонт вскрыт на глубине от 16 до 108 м. Московская морена представлена суглинками и супесями валунными. Мощность морены колеблется от 0-2 м. (в местах размыва) до 30-44 м. Локальная водоносность связана с прослоями и линзами песков.

*Вологодско-московский межморенный водоносный горизонт* (бывший днепровско-московский). Встречается в переуглубленных долинах и понижениях дочетвертичного рельефа. Глубина залегания кровли 40-60 м., максимальная 80-100 м. Водовмещающие породы представлены разнозернистыми песками с включением гравия, гальки, валунов общей мощностью от первых метров в бортах долин до 30-60 м. в осевой части. Воды горизонта напорные. Величина напора 20-80 м. Пьезометрические уровни устанавливаются на глубине 5-10 м; в понижениях рельефа 0,5-3,0 м. Воды гидрокарбонатные, хлоридно-гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые с минерализацией 0,1-0,7 г/дм<sup>3</sup>. На территории пригородной зоны разведан ряд месторождений для водоснабжения г. Зеленогорска, п.п., Солнечное, Молодежное, Дюны, а также для резервного водоснабжения (месторождение «Долинное»).

Вологодский моренный водоупорный горизонт представлен отложениями вологодской (бывшей днепровской) морены и развит в пределах переуглубленных долин. Глубина залегания кровли изменяется от 40 до 110 м. Моренные отложения представлены суглинками, с включением гравия, гальки и валунов. Мощность морены колеблется от 1-2 до 60 м.

#### **Подземные воды дочетвертичных образований**

Территория Санкт-Петербурга сложена толщей осадочных пород от венда до среднего девона, к которой приурочены пластовые и трещинно-карстовые воды.

В осадочной толще выделяются следующие гидрогеологические подразделения.

*Наровский водоносный горизонт* имеет очень ограниченное распространение на небольших площадях в южной части Санкт-Петербурга. Горизонт представлен мергелями и доломитами с прослоями глин. Мощность горизонта 5-8 м. Для водоснабжения города не имеет практического значения.

*Ордовикский водоносный комплекс* распространен в южной части города. Залегает непосредственно под четвертичными отложениями, имеющими мощность 1-5 м. На небольших участках перекрыт карбонатными породами среднего девона. Мощность составляет 20-35 м. Водовмещающие породы представлены трещиноватыми и закарстованными известняками. Водообильность пород высокая, зависит от степени их трещиноватости. Питание комплекса происходит на Ижорском плато. Разгрузка осуществляется посредством выхода мощных родников в Балтийско-Ладожском уступе. Наиболее крупные из родников (Варваросинские, Гостилицкие, Леволовские) служат для водоснабжения Ломоносова, Кронштадта и Петродворца (фонтанная система). Подземные воды, как правило, безнапорные. Уровни залегают на глубине от 2-5 м. до 25 м. Подземные воды повсеместно пресные с минерализацией 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонатные кальциево-магниевого, жесткие и умеренно-жесткие. Широко используются для водоснабжения населения (Красное Село, Кронштадт, Ломоносов, Петродворец).

*Копорско-леэтецкий водоупорный горизонт* объединяет породы копорской и леэтецкой свит нижнего ордовика, и развит в южной части города. На Балтийско-Ладожском уступе в виде узкой полосы выходит на поверхность. Горизонт представлен глинами, глинистыми песчаниками и диктионемовыми сланцами. Общая мощность горизонта в районе уступа составляет 5-7 м, в южном и юго-восточном направлении сокращается до 1,5-3,0 м.

*Кембро-ордовикский водоносный комплекс* по площади распространения совпадает с границами ордовикского водоносного комплекса. Водовмещающие породы – пески и песчаники, залегающие на глубине 25-45 м. Общая мощность 10-15 м. Водоносный комплекс содержит напорные воды. Величина напора от 3 м до 20 м. Воды пресные с минерализацией 0,3-0,6 г/дм<sup>3</sup>, гидрокарбонатные магниево-кальциевые или кальциево-магниевого, содержание железа до 0,4-0,7 мг/дм<sup>3</sup>. Отмечается повышенное содержание радона, что связано с наличием в кровле диктионемовых сланцев.

*Лонтоваский водоупорный горизонт* распространен повсеместно. В южной половине территории является водоупорной кровлей для ломоносовского водоносного горизонта. В приглинтовой зоне залегает под четвертичными отложениями на глубине от нескольких метров до 30-60 м., а на участке между гг. Ломоносовым и Петродворцом выходит на поверхность. Горизонт сложен плотными глинами. Мощность возрастает от 3-10 м. в зоне выклинивания до 20-90 м. на Предглинтовой низменности. Лонтоваский горизонт «синих глин» является региональным водоупором Ленинградского артезианского бассейна.

*Ломоносовский водоносный горизонт* распространен в южной части Санкт-Петербурга. Водовмещающие отложения-песчаники с частыми прослоями глин. Залегает на глубине от 20 м в районе г. Петродворца и 50 м в южном направлении. Мощность водоносных слоев не превышает 10-20 м. Водообильность горизонта невысокая. Подземные воды на большей части города солоноватые с минерализацией 1-3 г/дм<sup>3</sup>.

*Котлинский водоупорный горизонт* развит на большей части территории Санкт-Петербурга, за исключением северо-запада. Горизонт залегает под четвертичными отложениями на глубине от первых метров до 50-70 м. В юго-восточном направлении горизонт погружается под отложения кембрия и ордовика на глубину до 140-180 м. Мощность глин увеличивается с севера на юг от 50 до 110 м. Горизонт сложен плотными зеленовато-серыми глинами и является регионально выдержанным водоупором.

*Вендский водоносный комплекс* в течение многолетнего периода его изучения имел различные названия. До 1953 г. вся терригенная толща, залегающая между мощным котлинским водоупором и кристаллическими породами фундамента, называлась гдовским водоносным горизонтом. Это привычное название и сейчас широко используется в литературе. В настоящее время водоносный комплекс разделяется на следующие горизонты: котлинский водоносный, редкинский водоупорный и редкинский водоносный. С северо-запада на юго-восток происходит погружение кровли комплекса от 30-70 м до 150-200 м. Мощность вендского комплекса составляет 70-80 м.

*Котлинский водоносный горизонт* развит на преобладающей части территории города. Глубина залегания кровли составляет 100-160 м. Горизонт представлен переслаиванием песчаников, алевролитов и глин. Мощность песчаных прослоев изменяется от 2-10 см до 2-7 м. Подземные воды повсеместно напорные. В естественных условиях величина напора составляла около 140-160 м. В настоящее время она не превышает 70-100 м., что вызвано длительной интенсивной эксплуатацией горизонта. Химический состав подземных вод неоднороден. Севернее Сестрорецка развиты пресные гидрокарбонатные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,1-0,3 г/дм<sup>3</sup>. В п. Сертолово скважинами вскрываются гидрокарбонатно-хлоридные воды с минерализацией 0,8 г/дм<sup>3</sup>. В Санкт-

Петербурге в верхней части горизонта содержатся хлоридные натриевые воды с минерализацией 2-2,5 г/дм<sup>3</sup>, к подошве минерализация увеличивается до 3,8-4,4 г/дм<sup>3</sup>. На южном берегу Финского залива горизонт содержит хлоридные натриевые воды с минерализацией 4,2-4,9 г/дм<sup>3</sup>. Используется для технического водоснабжения предприятий города и для лечебных целей

*Редкинский водоупорный горизонт* на северо-западе территории города залегает под четвертичными отложениями в бортах древних долин и в понижениях дочетвертичного рельефа. Глубина залегания горизонта изменяется от 80 до 120 м. На остальной части территории горизонт разделяет водоносные котлинский и редкинский горизонты. Общая мощность горизонта составляет 10-20 м.

*Редкинский водоносный горизонт* развит почти повсеместно. Глубина залегания кровли изменяется от 90 до 270-330 м., возрастая в восточном и южном направлениях. Общая мощность горизонта от 13 до 35 м. Водовмещающие породы представлены разнородными песчаниками. Подземные воды напорные. По площади и по мере погружения горизонта в юго-восточном направлении происходит смена гидрокарбонатных вод на хлоридно-гидрокарбонатные и хлоридные натриевые. Распространение пресных вод ограничивается линией Сестрорецкий Курорт – Белоостров – Черная Речка. Изолиния 5 г/дм<sup>3</sup> опоясывает город с восточной и южной сторон. Подземные воды горизонта используются для водоснабжения п.п. Рошино, Смолячково, Репино, Комарово и др.

*Архейско-нижнепротерозойская слабоводоносная зона кристаллических пород* приурочена к гранитам и гнейсам кристаллического фундамента, залегающим на глубине от 140 м. на западной окраине Курортного района, до 300 м. у южных границ города. Подземные воды приурочены к трещиноватой зоне, по химическому составу гидрокарбонатные натриевые.

#### **5.2 Инженерно-геологические условия**

Инженерно-геологические карты, включенные в состав Атласа, составлены в результате инженерно-геологического картирования масштаба 1:25000, выполненного в восьмидесятые-девяностые годы прошлого столетия при реализации трех отдельных проектов, охвативших северную (Соловьева, 1984 ф), южную (Дмитриев, 1989 ф) части центральных районов города, а также его окраины (Ауслендер, 2001 ф). Основой для составления карт, наряду со специализированными (Ауслендер, 2001 ф) полевыми работами, послужили материалы инженерно-геологических и гидрогеологических исследований, выполненных за несколько предшествующих десятилетий (Майорова, 1962 ф; Шевченко, 1967 ф).

Составленные комплекты инженерно-геологических карт охватывают всю территорию города и содержат информацию об инженерно-геологических свойствах пород – как выходящих на поверхность, так и погребенных, отображаемых на картах-срезах. В Атласе приведены инженерно-геологические карты дневной поверхности и среза 10 метров, то есть поверхности, параллельной дневной и расположенной ниже ее на 10 м.

Основой создания карт явилось выделение инженерно-геологических групп и подгрупп пород, обладающих близкими сочетаниями физико-механических свойств, определяемыми по данным лабораторных испытаний образцов. Принадлежность пород к группам и подгруппам определяется многочисленными факторами: их литологическим, гранулометрическим составом, возрастом, генезисом, степенью увлажненности и др. Для построения границ картируемых подразделений использовались создаваемые одновременно геологические и гидрогеологические карты четвертичных и дочетвертичных образований масштаба 1:50000. На приводимых ниже среднemasштабных картах отображено распространение различных групп и подгрупп пород, степень неоднородности и основные пространственные закономерности их проявления. Литологический состав пород показан на крупномасштабных врезках к картам.

Особенностью геолого-литологического строения четвертичного разреза является наличие техногенных насыпных и намывных образований, которые укладывались на болотные, морские (литориновые) или ледниково-озерные отложения. На многих участках размещались хозяйственно-бытовые отходы, а также отходы промышленного и строительного производства. На этих участках в результате сложных биохимических процессов произошло разуплотнение и разжижение подстилающих грунтов.

В верхней части разреза четвертичных отложений широко развиты болотные отложения, представленные торфом, мощность которых колеблется от 0,5 до 1 м. В настоящее время сохранились после торфоразработок и засыпки сохранились наиболее крупные торфяники в северной части города (болота Лахтинское, Левашовское, Парголово, Шуваловское, севернее Сестрорецкого разлива).

Современные морские и озерные отложения голоцена, развитые с поверхности в центральной части территории города, а также встречающиеся в понижениях современного рельефа в пригородах, слагают верхнюю часть геологического разреза. Отличительной чертой этих отложений является их рыхлая структура и наличие растительных остатков. В основном современные морские и озерные отложения относятся к рыхлым несвязным песчаным и гравийным разностям и с инженерно-геологической точки зрения не могут являться основанием сооружений любого назначения.

Нижележащие озерно-ледниковые отложения Балтийского ледникового озера широко распространены на поверхности в северных и центральных районах города на абсолютных отметках от 10 до 40-45 м. Их средняя мощность составляет 3-10 м, максимальная 20 м. В изменении их инженерно-геологических свойств наблюдается тенденция смены с севера на юг от рыхлых несвязных (песчаных) к мягким связанным (глинистым) разностям. Отличительной чертой отложений на юге является наличие пород с ленточной текстурой, а также значительное содержание пылеватых частиц в составе грунтов. Для грунтов этой группы характерна повышенная природная влажность и пористость, анизотропность механических свойств, высокая

сжимаемость, пучинистость и тиксотропность. Отложения данного слоя с инженерно-геологической точки зрения могут являться основанием небольших сооружений, но только при сохранении их естественного сложения.

Ледниково-озерные отложения осташковского горизонта распространены в северной, северо-западной и северо-восточной частях города, где они слагают террасированную равнину на абсолютных отметках 45-80 м. Представлены пеками, супесями, реже суглинками. По составу, состоянию и механическим свойствам их можно рассматривать как вполне надежное естественное основание для многих зданий и сооружений.

Особое внимание следует уделить отложениям межморенных горизонтов. В верхнем межморенном горизонте в центральной, северной и восточных частях города распространены морские глины микулинского межледниковья, с которыми связаны газопроявления горючего метана, отмеченные при бурении отдельных скважин в Обухово, на южном побережье Финского залива, в Рыбацком и других местах. Это обстоятельство важно учитывать при строительстве различных подземных сооружений, при забивке глубоких свай и т.д. Подземные воды, приуроченные к верхнему межморенному горизонту на большей площади его распространения напорные. При производстве строительных работ в районах его развития возможны прорывы вод в котлованы, образование восходящих родников, затопление подвалов и деформация зданий. При строительстве подземных сооружений необходимо учитывать действие высоких напоров нижнего межморенного водоносного горизонта.

Ледниковые отложения осташковского возраста повсеместно, за исключением редких участков размыва, образуют выдержанный по площади горизонт. Средняя мощность составляет 10-20 м, и в понижениях древней эрозионной сети увеличивается до 35 и более метров. Эти отложения имеют наибольшее практическое значение, так как являются достаточно надежным естественным основанием для всех типов фундаментов зданий и сооружений, в том числе и свайных. Однако, для этого слоя характерно большое содержание крупнообломочного материала, плохо сортированного, бессистемно встречающегося по всему разрезу, что вызывает большие осложнения при проходке горных и строительных выработок, забивке строительных свай и пр. Кроме того, проходка моренных отложений может осложняться прорывами в котлованы напорных вод как за счёт нижележащих водоносных горизонтов, так и за счёт встречающихся в морене водонасыщенных песков с местным напором. Следует также упомянуть результаты работ Р.Э Дашко (Дашко, 2008), в соответствии с которыми на участках загрязнения геологической среды нефтепродуктами возможно снижение несущих свойств морены.

В южной части города в пределах Ижорского плато развиты карбонатные породы ордовика – известняки и мергели. Они трещиноваты и закарстованы, что следует учитывать при строительстве.

Среди кембрийских отложений, развитых на южном побережье Невской губы, важное значение имеют «синие» глины сиверской свиты. Они широко используются в качестве оснований зданий, свайных фундаментов, хотя при их инженерно-геологической оценке также важно учитывать трещиноватость пород. Следует обращать внимание на напорный характер подземных вод песчаников ломоносовской свиты.

Наибольшее практическое значение среди дочетвертичных образований имеют вендские отложения. Нижнекотлинская подсвита венда (песчаники, алевролиты, алевролиты с прослоями глин) вмещают крупнейший водоносный напорный горизонт, а в образованиях верхнекотлинской подсвиты (глины с прослоями песчаников) располагаются выработки метрополитена и другие заглубленные инженерные сооружения.

По своему составу и физико-механическим свойствам верхнекотлинские слои представлены глинами и глинами песчанистыми, маловлажными, твердыми, плотными, малосжимаемыми, т.е. по характеристикам приближаются к полускальным грунтам. При использовании их в качестве среды для различных подземных сооружений важно учитывать макро- и микротрещиноватость, и, как следствие, неоднородность свойств по глубине и простираанию.

Важное значение в оценке инженерно-геологических условий города имеют подземные воды, приуроченные к верхней части четвертичного покрова, в том числе к техногенным и современным голоценовым образованиям. На территории города выделяется два подтипа гидродинамического режима грунтовых вод. В периферийных районах города с рассредоточенной застройкой и обилием зеленых массивов существует естественный и слабонарушенный гидродинамический режим, который определяется сезонными климатическими изменениями.

В центральной части города естественный гидродинамический режим подземных вод нарушен техногенными факторами. Сплошная застройка, асфальтовое покрытие приводят к его малой зависимости от климатических изменений. Отмечается сглаженность экстремальных значений уровней и их незначительная годовая амплитуда колебаний. Отсутствие зон активного дренирования подземных вод в пределах исторического центра города предопределяет их застойный режим и подтопление территорий, которое может усиливаться в местах утечек инженерных коммуникаций, а также за счет конденсационных процессов. Практически всю островную часть города можно рассматривать как зону подтопления.

# Гидрогеологическая карта четвертичных образований

Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

### I. Гидрогеологические подразделения

залегающие первыми от поверхности

- t, m H Голоценовый техногенно-морской слабодонасный горизонт. Супеси, суглинки, глины, пески, карбонатные породы
- b H Голоценовый болотный водоносный горизонт. Торф
- a, l H Голоценовый аллювиально-озерный водоносный горизонт. Пески разноразмерные, супеси с прослоями суглинков
- l, m H Голоценовый озерно-морской водоносный горизонт. Пески разноразмерные, супеси, суглинки
- Q<sub>III</sub>-H Верхнеплейстоцен-голоценовый надморенный водоупорный горизонт. Суглинки, глины
- lg III os Осташковский озерно-ледниковый надморенный слабодонасный локально водоупорный горизонт. Глины ленточные
- lg III os Осташковский озерно-ледниковый надморенный слабодонасный горизонт. Переслаивание песков, супесей, суглинков
- f, lg III os Осташковский водноледниковый надморенный водоносный горизонт. Пески разноразмерные
- f, lg III os Осташковский водноледниковый надморенный водоносный камовый горизонт. Пески с гравием и галькой
- g III os Осташковский моренный относительно водоупорный горизонт. Валунные супеси, суглинки с прослоями и линзами песка
- E<sub>1</sub> Нижнекембрийский водоупорный горизонт. Глины

залегающие ниже первых от поверхности

- g III os Осташковский моренный относительно водоупорный горизонт. Валунные супеси, суглинки с прослоями и линзами песка
- IIms-IIIos Московско-осташковский межморенный водоносный локально водоупорный горизонт. Пески разноразмерные с гравием, супеси, суглинки, глины ленточные (на карте)
- IIms-IIIos Московско-осташковский межморенный водоносный локально водоупорный горизонт. Пески разноразмерные с гравием, супеси, суглинки, глины ленточные (на разрезах)
- g II ms Московский моренный относительно водоупорный горизонт. Суглинки и супеси валунные (на разрезах)
- IVI-ms Вологодско-московский межморенный водоносный горизонт. Пески, супеси, гравийно-галечные отложения (на карте)
- IVI-ms Вологодско-московский межморенный водоносный горизонт. Пески, супеси, гравийно-галечные отложения (на разрезах)
- g II VI Вологодский моренный водоупорный горизонт. Суглинки валунные (на разрезах)
- Дочетвертичные образования. Глины, известняки, пески, песчаники, граниты (на разрезах)

### II. Водопроявления

- колодец
- родник нисходящий
- скважина, вскрывшая московско-осташковский межморенный горизонт
- скважина, вскрывшая вологодско-московский межморенный горизонт

### IV. Показатели водообмена

- участки возможного самоизлива подземных вод московско-осташковского межморенного горизонта

### V. Прочие знаки

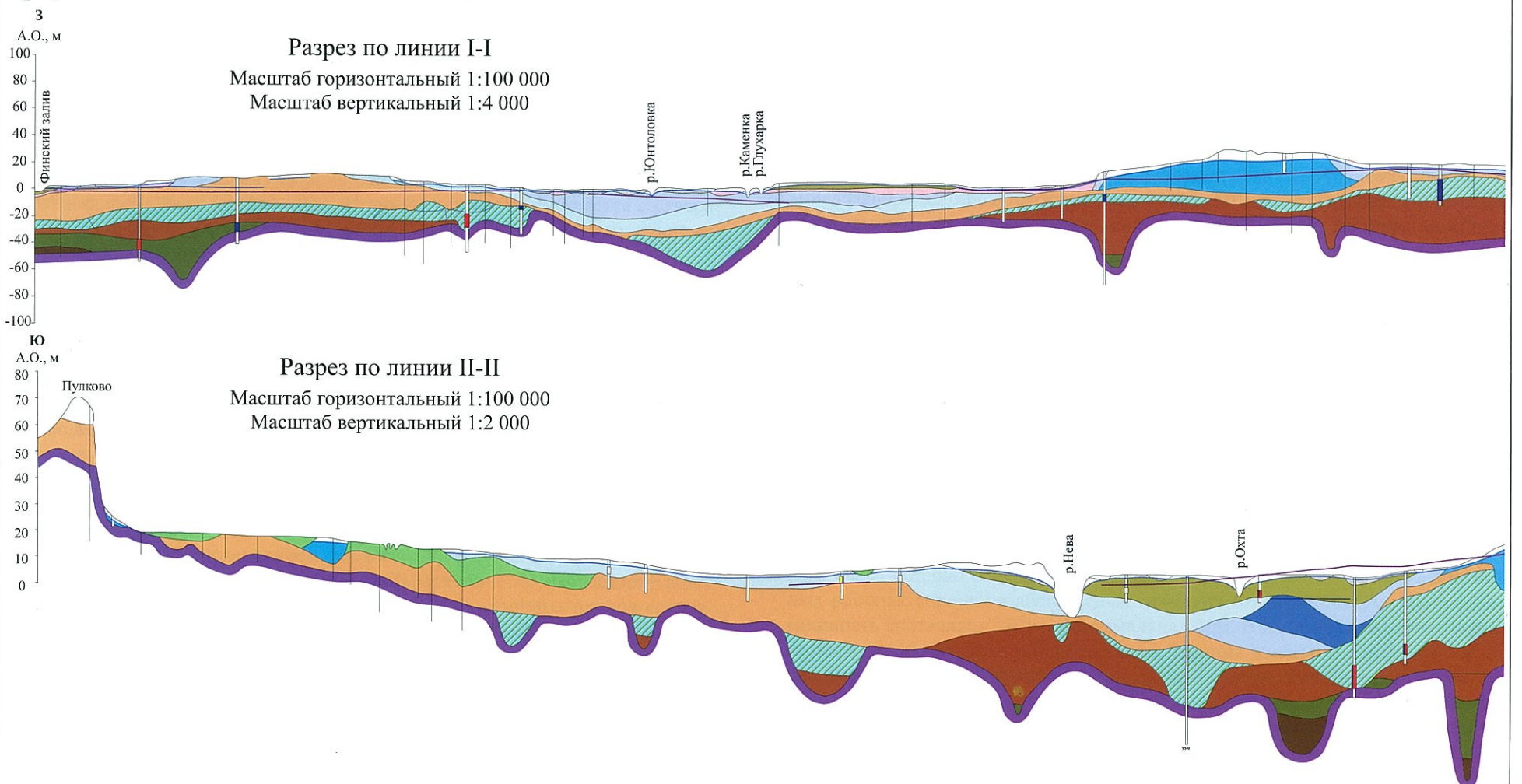
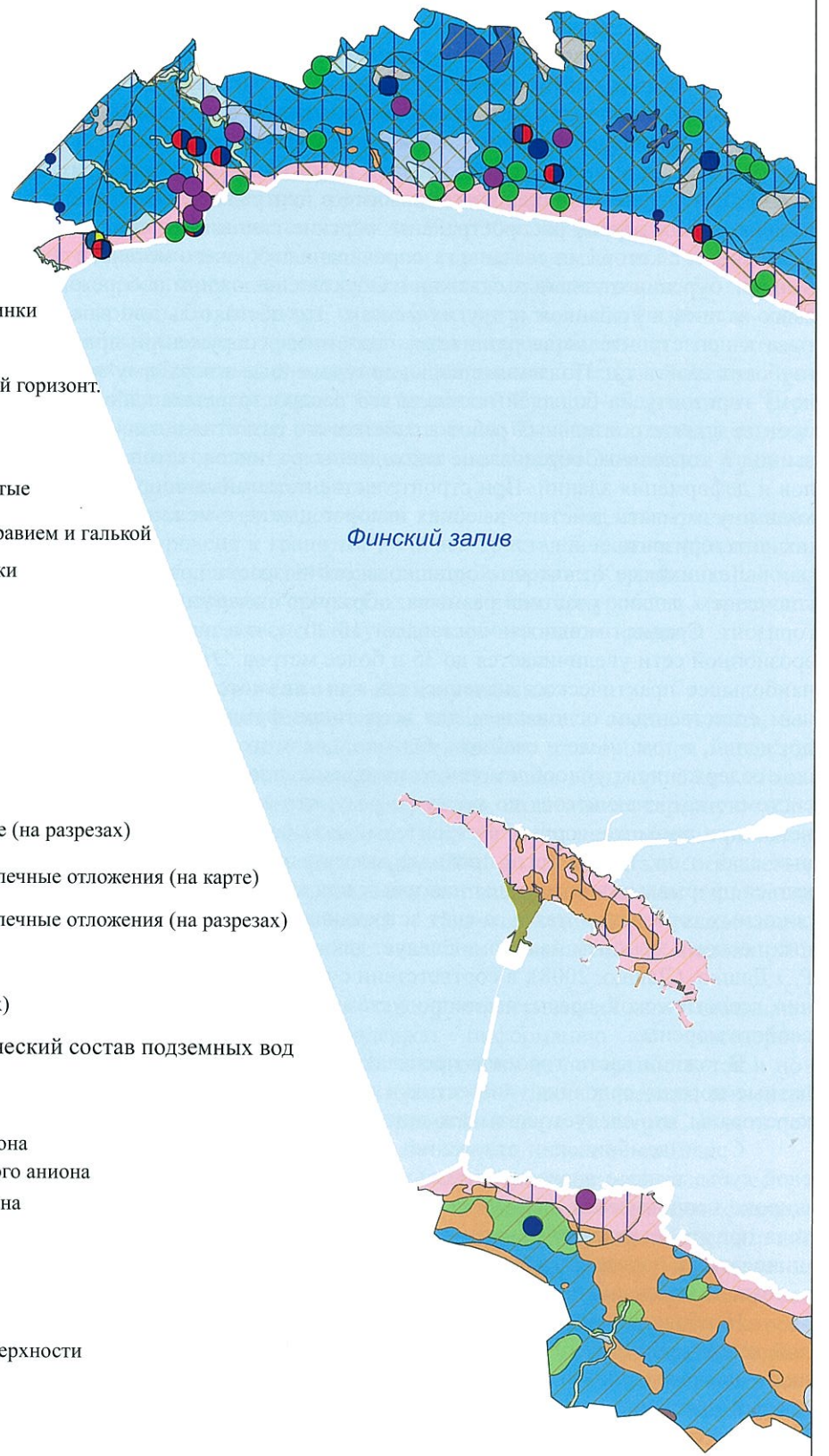
- граница распространения гидрогеологических подразделений, залегающих первыми от поверхности
- линия гидрогеологического разреза

### VI. Дополнительные знаки на гидрогеологических разрезах

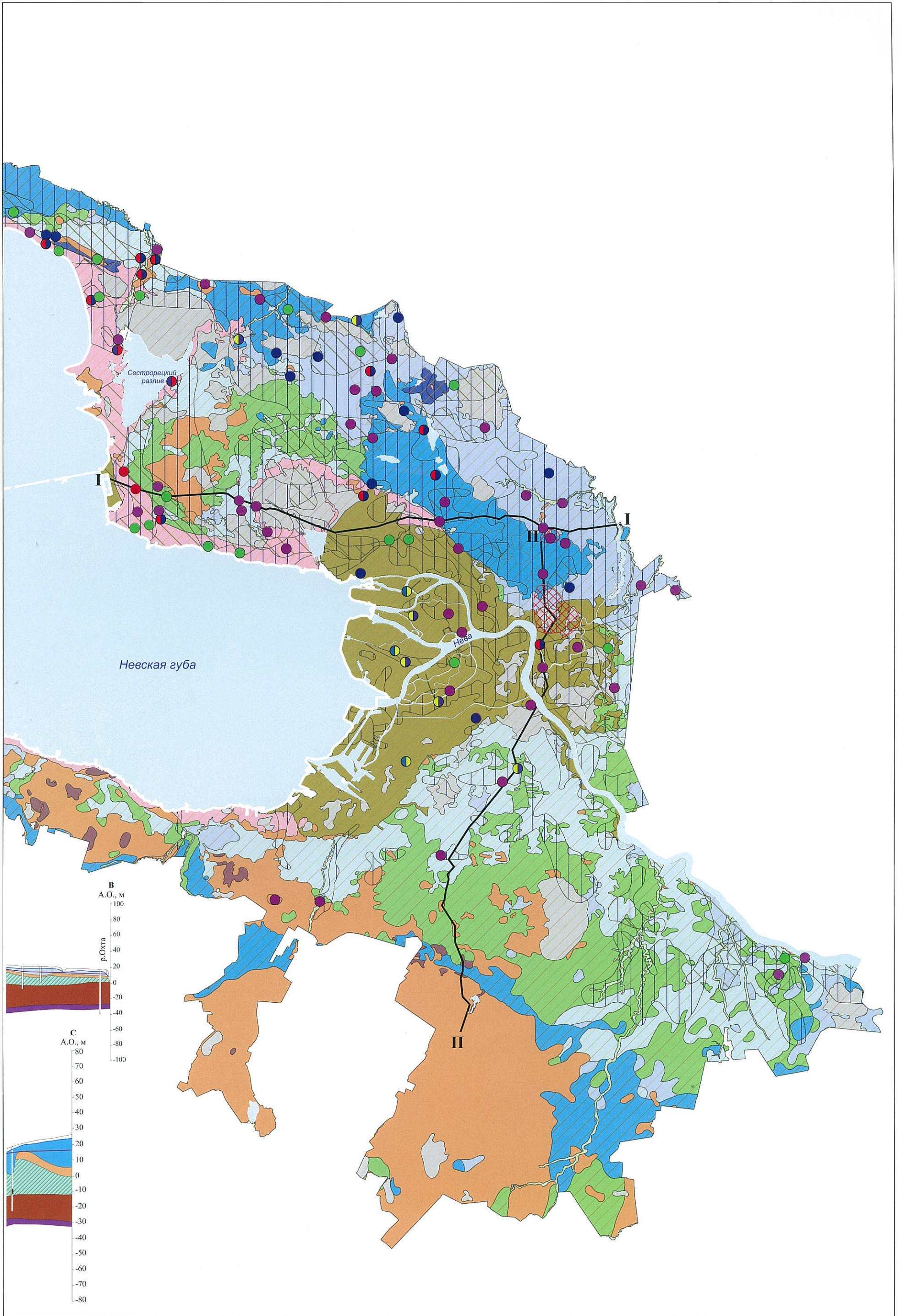
- уровень подземных вод со свободной поверхностью
- пьезометрический уровень верхнего межморенного горизонта
- скважины: а - гидрогеологическая, закраска соответствует химическому составу воды в опробованном интервале глубины; б - опорная геологическая

### III. Опорные водоупоры и химический состав подземных вод

- гидрокарбонатно-сульфатная
- гидрокарбонатно-хлоридная
- с преобладанием сульфатного аниона
- с преобладанием гидрокарбонатного аниона
- с преобладанием хлоридного аниона
- сульфатно-гидрокарбонатная
- хлоридно-гидрокарбонатная
- хлоридно-сульфатная







# Гидрогеологическая карта дочетвертичных образований

Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

### I. Распространение гидрогеологических подразделений

- Q Четвертичные отложения (только на разрезах)
- D<sub>2nr</sub> Наровский водоносный горизонт. Мергели, доломиты с прослоями песчаников, алевролитов и глин
- O Ордовикский водоносный комплекс. Известняки, доломиты с прослоями мергелей и глин
- O<sub>1kp-lt</sub> Копорско-леэссесский водоупорный горизонт. Диктионемовые сланцы, глинистые песчаники, глины
- e<sub>1-o1</sub> Кембро-ордовикский водоносный комплекс. Пески и песчаники с редкими прослоями алевролитов
- e<sub>1,ln</sub> Лонтоваский водоупорный горизонт. "Синие глины" с редкими тонкими прослоями алевролитов и глин
- e<sub>1,lm</sub> Ломоносовский водоносный горизонт. Чередование песчаников, алевролитов и глин
- V<sub>2kt</sub> Котлинский водоупорный горизонт. Глины с прослоями песчаников, алевролитов и глин
- V<sub>2kt</sub> Котлинский водоносный горизонт. Переслаивание песчаников, алевролитов и глин
- V<sub>2rd</sub> Редкинский водоупорный горизонт. Глины с прослойками алевролита
- V<sub>2rd</sub> Редкинский водоносный горизонт. Песчаники мелкозернистые и разнозернистые, в подошве гравелистые, с прослоями глины, аргиллита или алевролита в кровле
- AR-PR<sub>1</sub> Архейско-нижнепротерозойская слабоводоносная зона кристаллических пород. Граниты, гнейсы, мигматиты

### II. Водопроницаемость водоносных горизонтов и комплексов (м<sup>2</sup>/сутки)

- менее 50
- 50-100
- 100-200
- 200-300
- 300-400
- 500-1000
- 1000-5000

### III. Опорные водопункты и химический состав подземных вод:

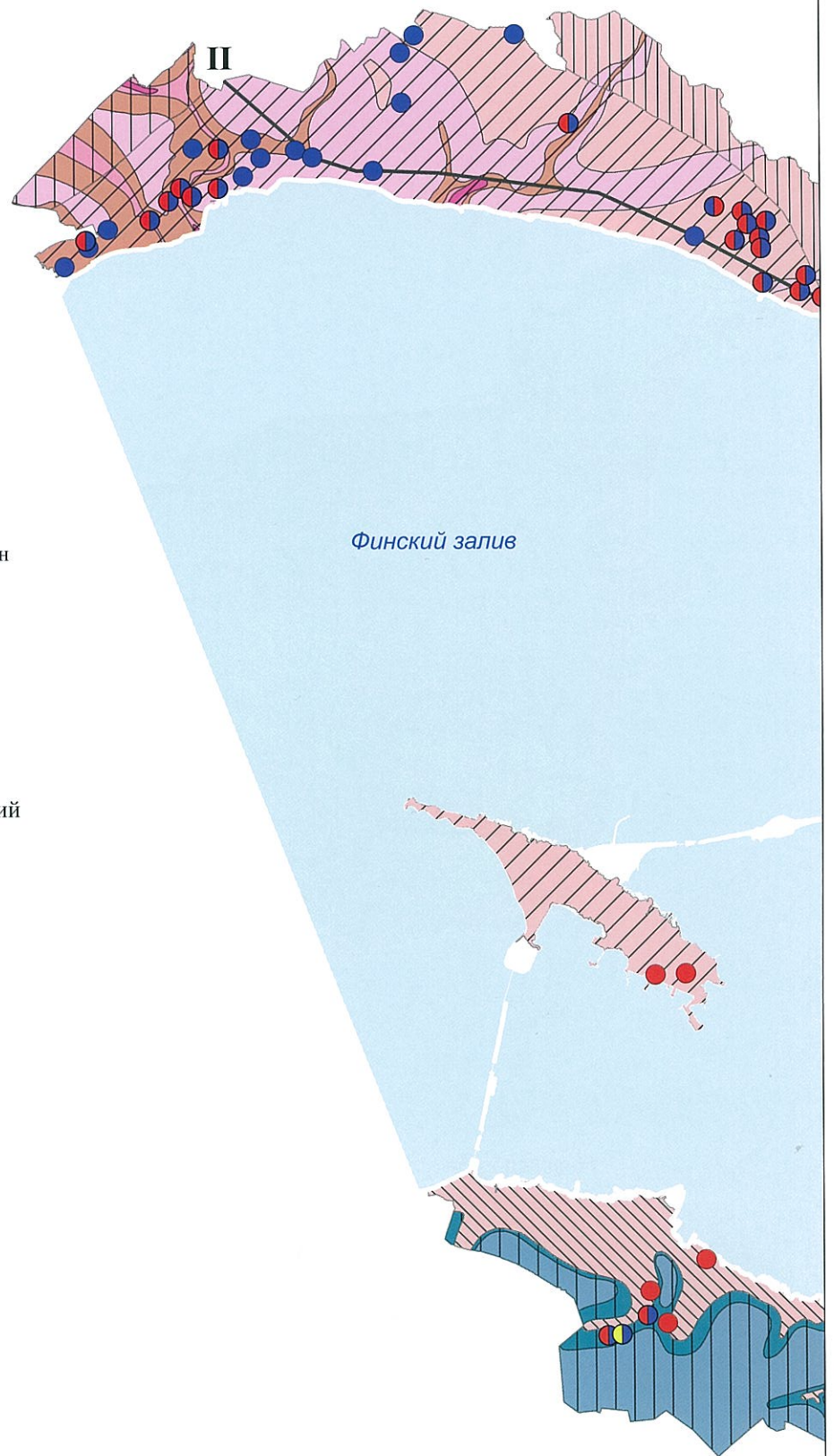
- гидрокарбонатный
- хлоридный
- хлоридно-гидрокарбонатный
- гидрокарбонатно-сульфатный
- сульфатно-гидрокарбонатный
- гидрокарбонатно-хлоридный
- смешанный трехкомпонентный

### IV. Прочие знаки

- граница распространения гидрогеологических подразделений
- линия гидрогеологического разреза
- граница участков с разной водопроницаемостью

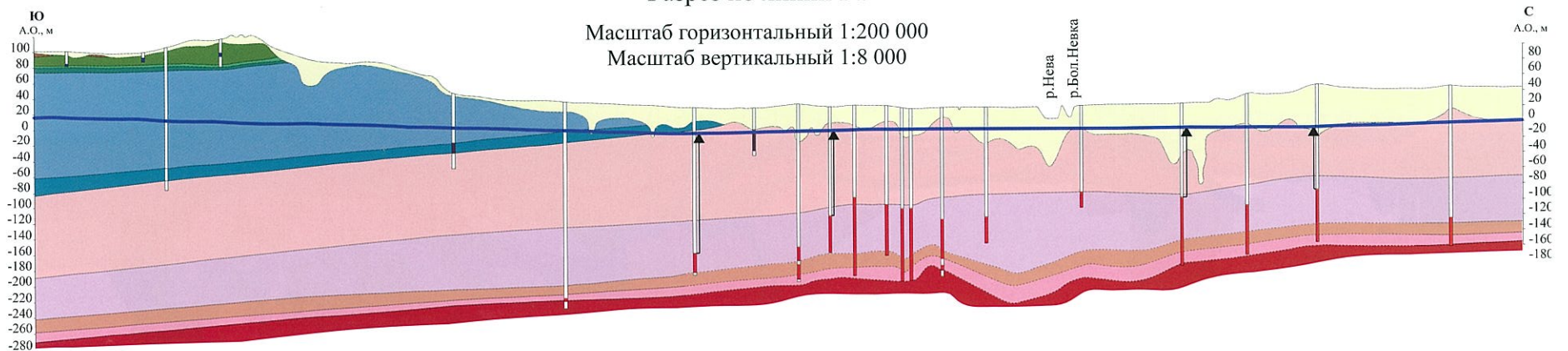
### V. Дополнительные знаки на гидрогеологических разрезах

- пьезометрический уровень подземных вод вендского комплекса
- Сквжина гидрогеологическая. Закраска соответствует химическому составу воды в опробованном интервале глубины. Стрелка соответствует средней величине напора подземных вод в 1998 году



### Разрез по линии I-I

Масштаб горизонтальный 1:200 000  
Масштаб вертикальный 1:8 000



### Разрез по линии II-II

Масштаб горизонтальный 1:200 000  
Масштаб вертикальный 1:8 000














Схема минерализации и химический состав первых от поверхности водоносных подразделений



Масштаб 1:750 000

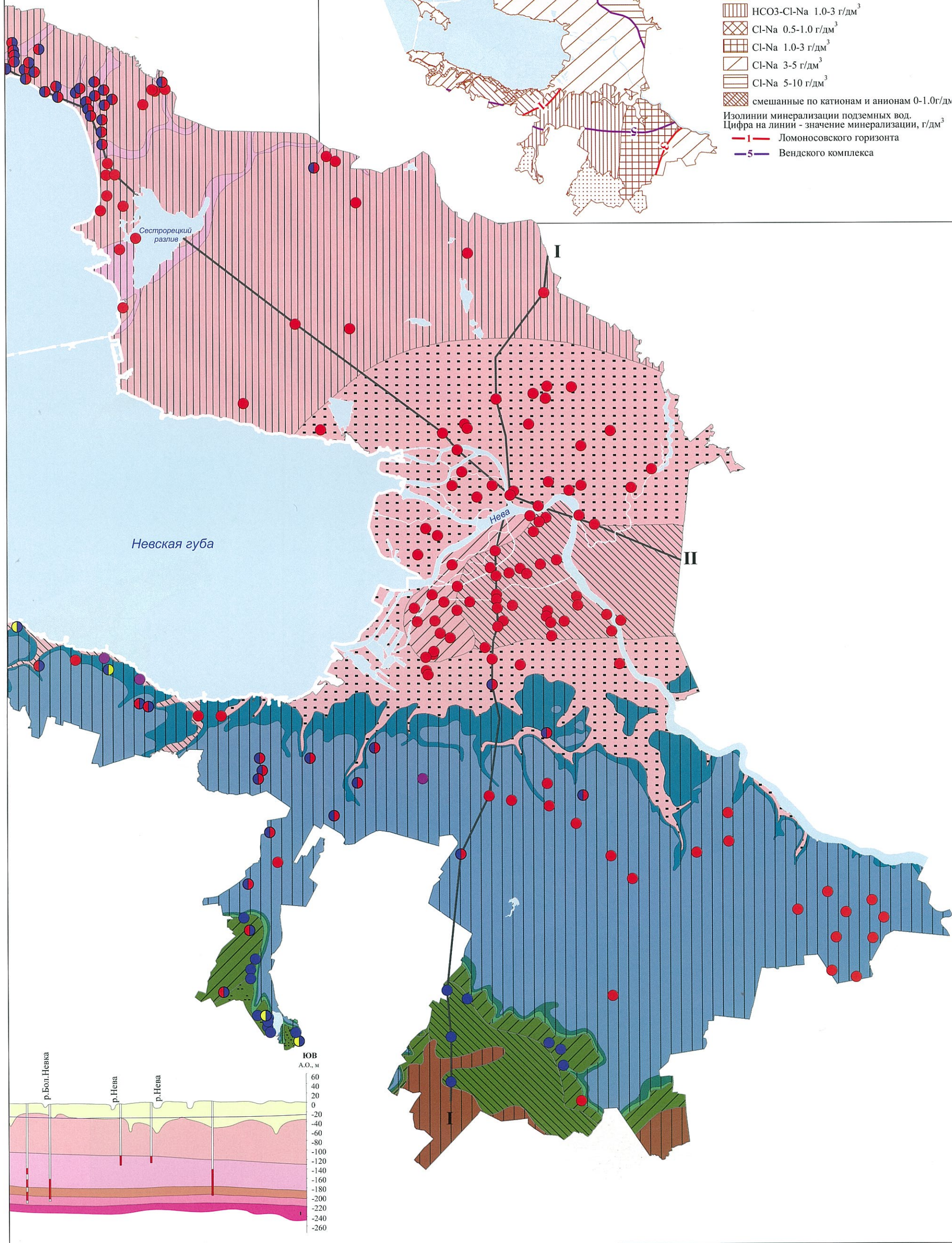
Условные обозначения

Химический состав и минерализация первых от поверхности гидрогеологических горизонтов

-  HCO<sub>3</sub>-Na, Ca до 0.5 г/дм<sup>3</sup>
-  Cl-HCO<sub>3</sub>-Na до 0.5 г/дм<sup>3</sup>
-  Cl-HCO<sub>3</sub>-Na 0.5-1.0 г/дм<sup>3</sup>
-  HCO<sub>3</sub>-Cl-Na до 0.5 г/дм<sup>3</sup>
-  HCO<sub>3</sub>-Cl-Na 0.5-1.0 г/дм<sup>3</sup>
-  HCO<sub>3</sub>-Cl-Na 1.0-3 г/дм<sup>3</sup>
-  Cl-Na 0.5-1.0 г/дм<sup>3</sup>
-  Cl-Na 1.0-3 г/дм<sup>3</sup>
-  Cl-Na 3-5 г/дм<sup>3</sup>
-  Cl-Na 5-10 г/дм<sup>3</sup>
-  смешанные по катионам и анионам 0-1.0 г/дм<sup>3</sup>

Изолинии минерализации подземных вод.  
Цифра на линии - значение минерализации, г/дм<sup>3</sup>

-  1 - Ломоносовского горизонта
-  5 - Вендского комплекса



# Инженерно-геологическая карта дневной поверхности

Масштаб 1:200 000



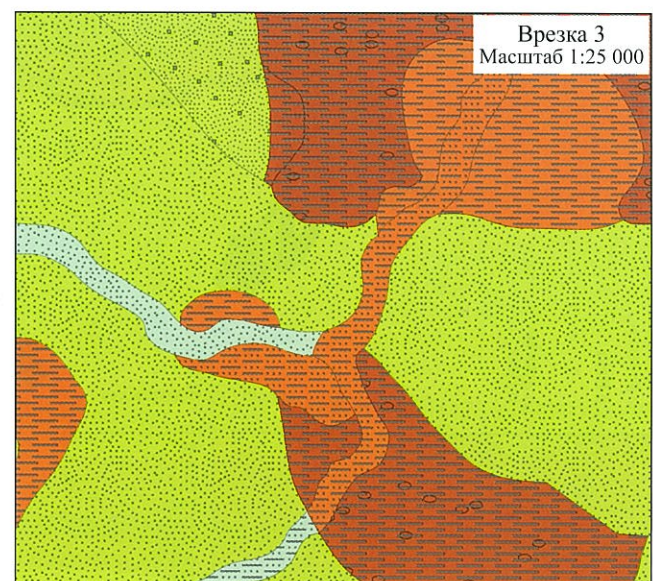
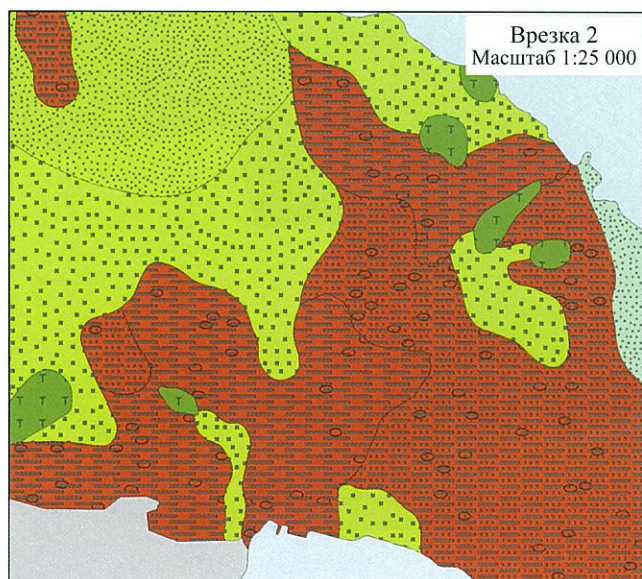
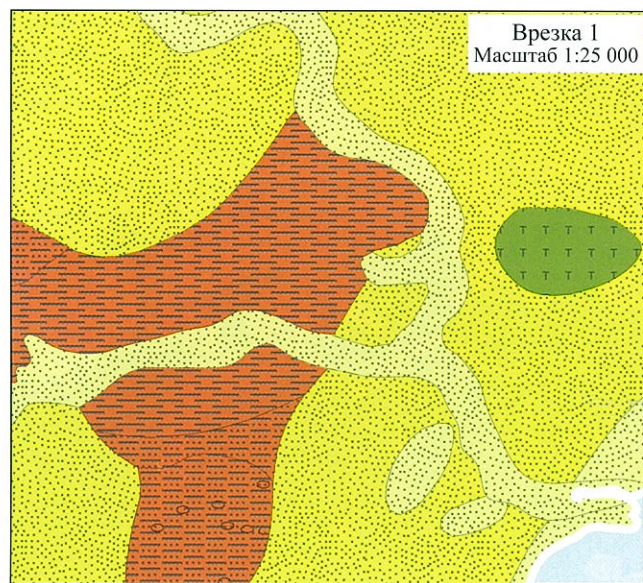
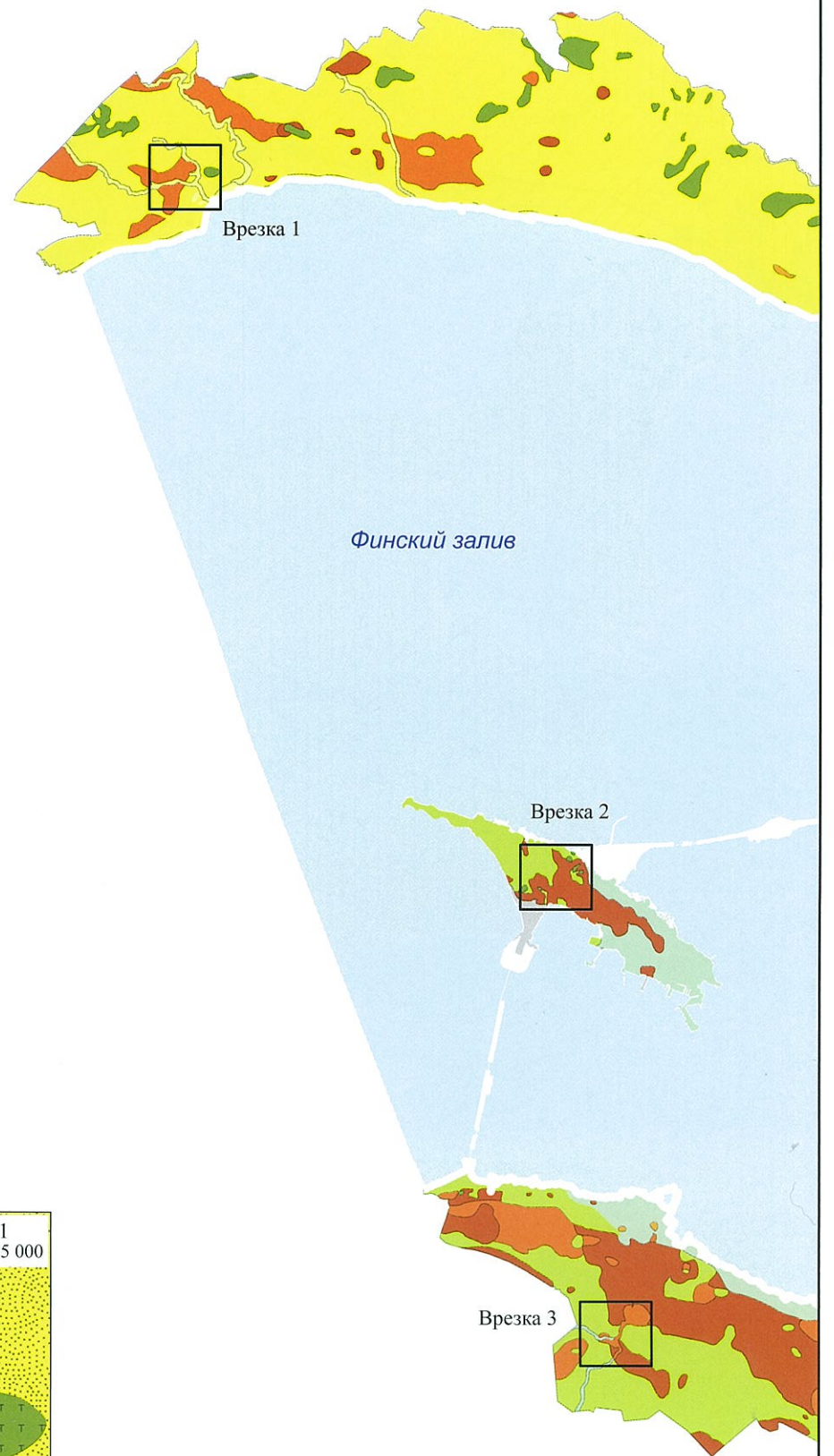
## Условные обозначения

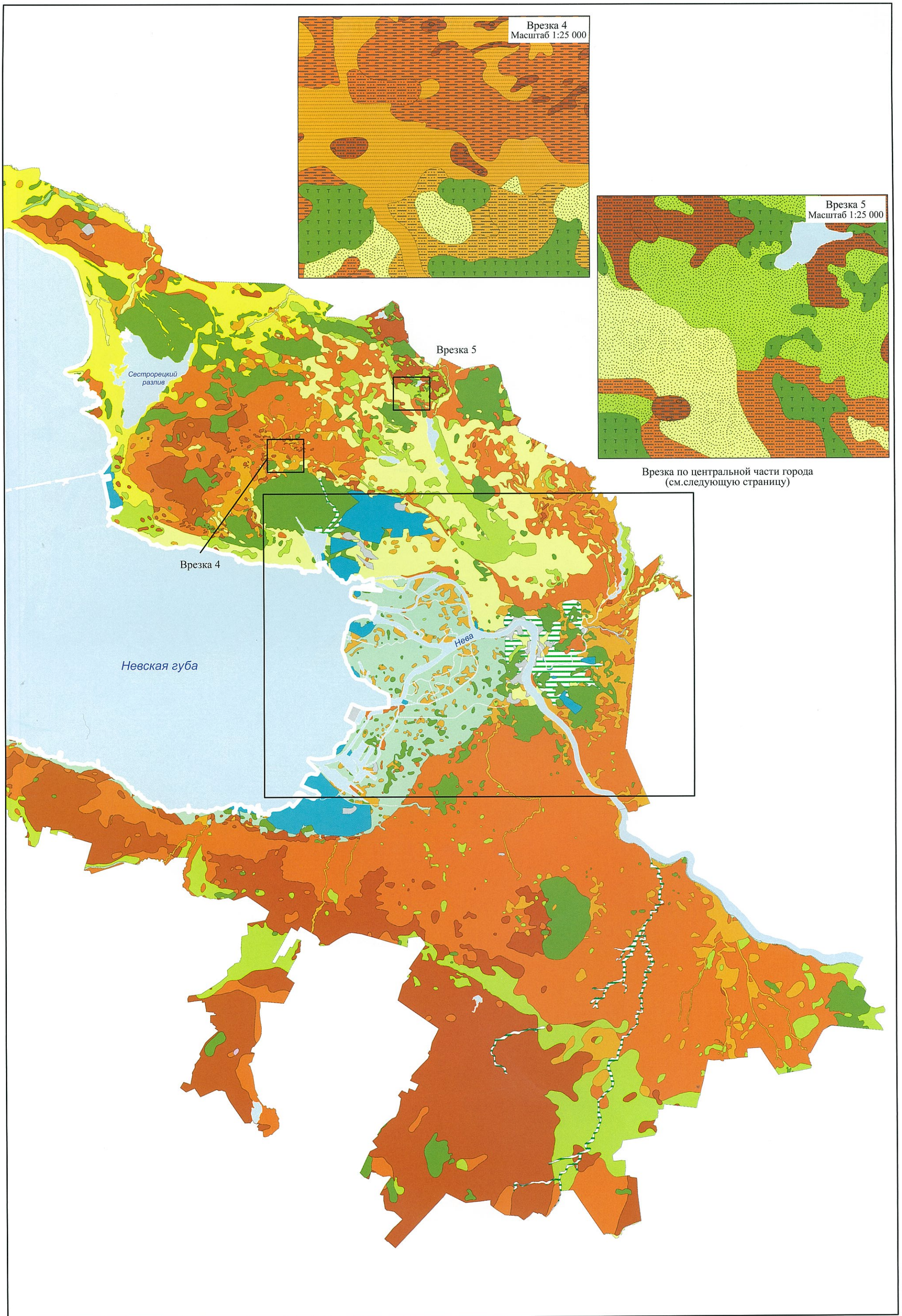
Инженерно-геологические подгруппы пород

- Полускальные породы разной плотности
- Рыхлые несвязные. Валунные, галечные и гравийные разной плотности сложения
- Рыхлые несвязные. Гравийные и песчаные плотные и среднеплотные
- Рыхлые несвязные. Гравийные и песчаные рыхлого сложения
- Рыхлые несвязные. Песчаные плотные и среднеплотные
- Рыхлые несвязные. Песчаные малоплотные
- Мягкие связные. Глинистые уплотненные
- Мягкие связные. Глинистые среднеуплотненные
- Мягкие связные. Глинистые малоуплотненные
- Насыпные техногенные отложения
- Намывные техногенные отложения.
- Торф, заторфованные и гумусированные породы
- Переслаивание пород с примерно одинаковым соотношением мощностей
- Переслаивание пород с преобладанием одной из них по площади или в разрезе

Литологические различия пород (на врезках)

- Торф
- Пески мелкие и тонкозернистые
- Пески крупные и средней крупности
- Пески гравелистые
- Супеси
- Суглинки и глины
- Суглинки и глины ленточные
- Супеси валунные
- Суглинки валунные
- Глины (дочетвертичные)





# Инженерно-геологическая карта дневной поверхности центральной части города

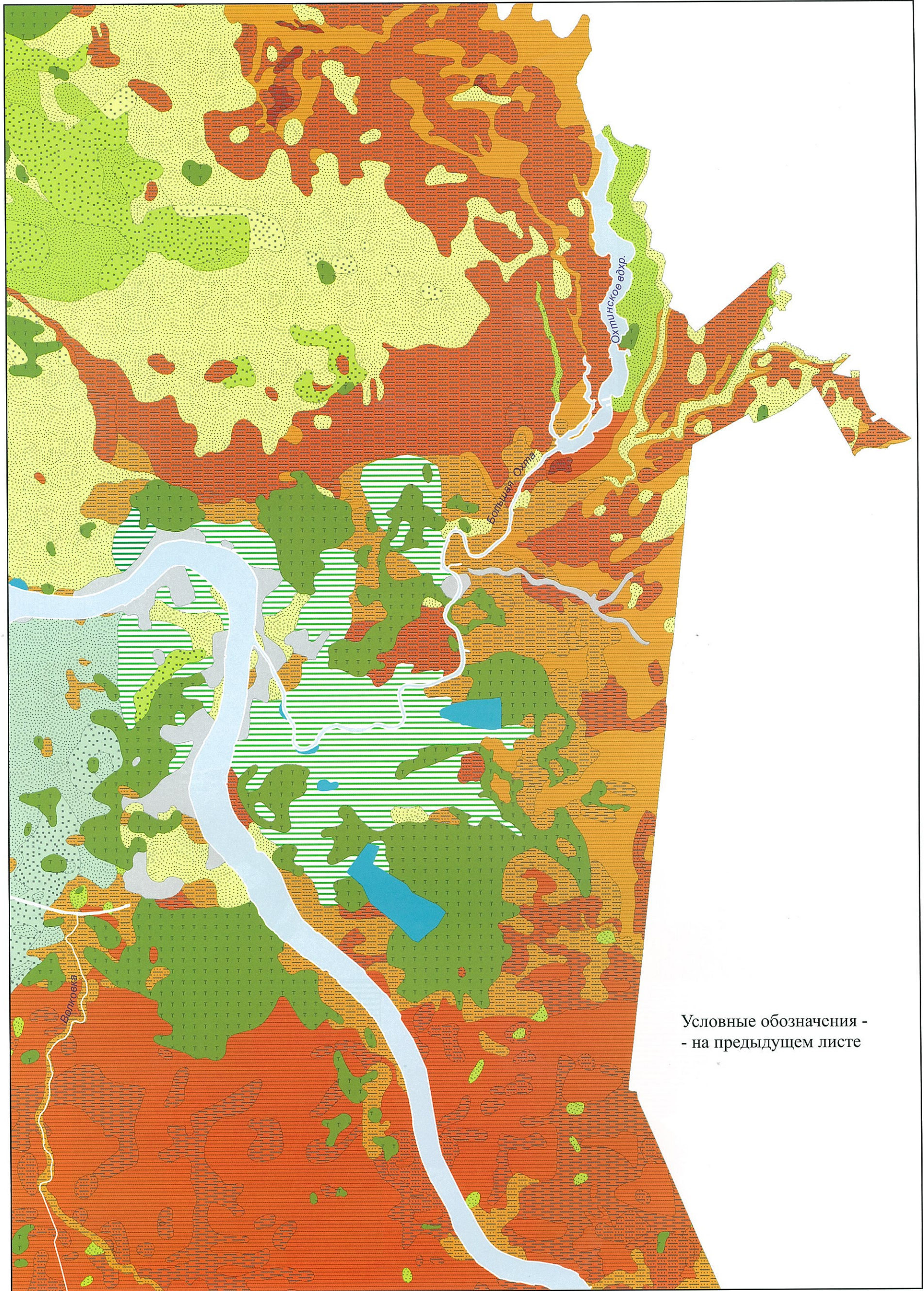
Масштаб 1:50 000

0,5 0,25 0 0,5 1 1,5  
Км



Невская губа

Угольная гавань



Условные обозначения -  
- на предыдущем листе

# Инженерно-геологическая карта среза 10 м

Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

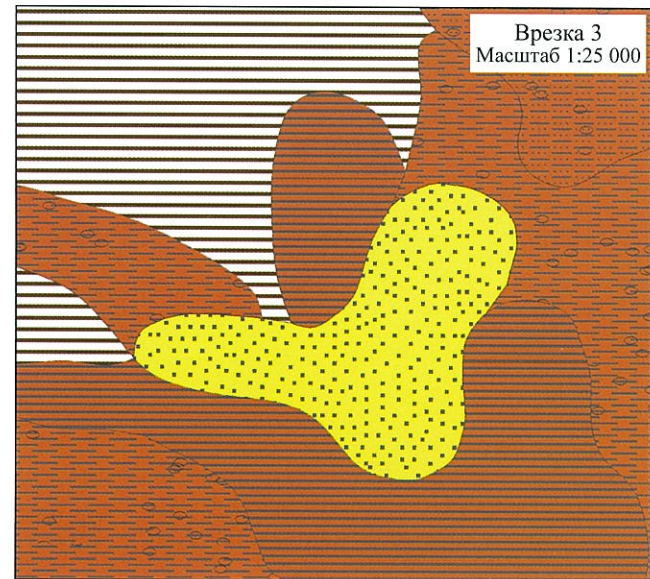
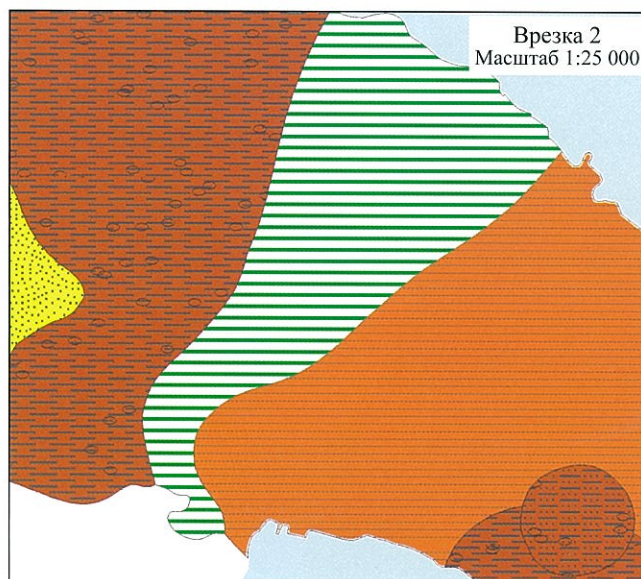
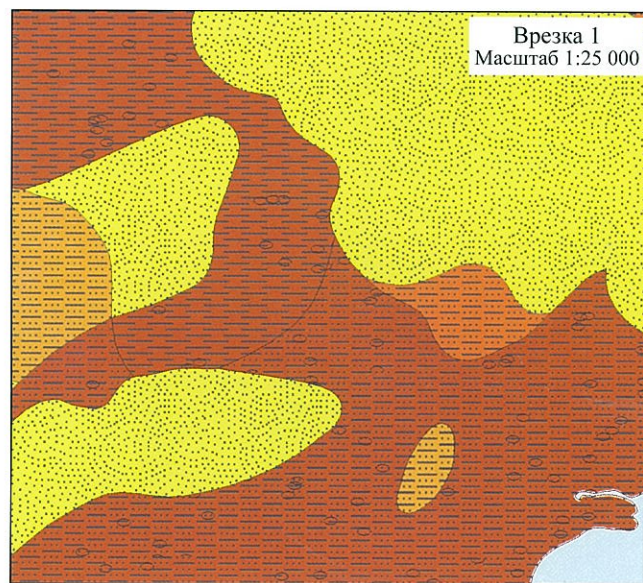
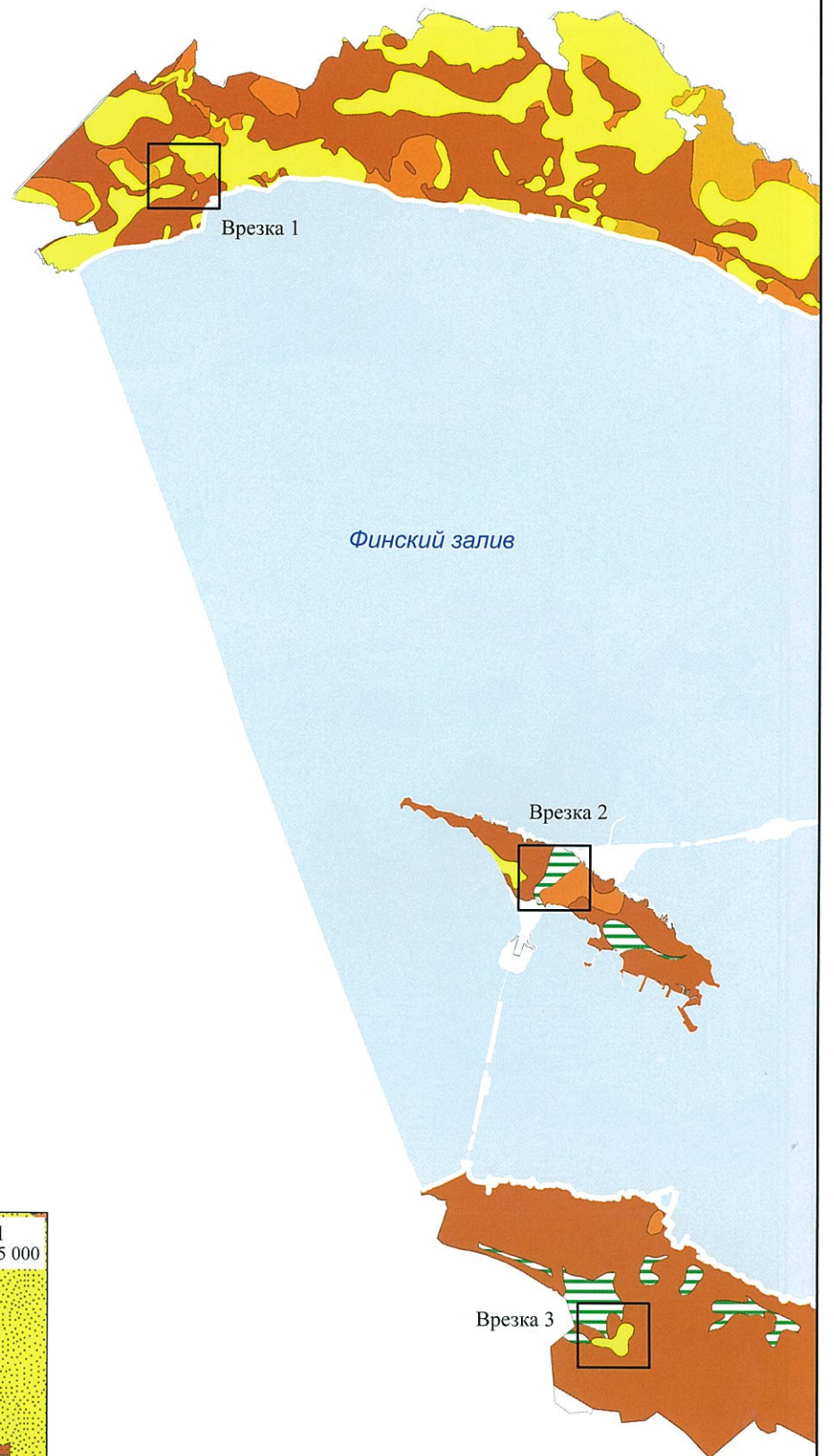
Инженерно-геологические подгруппы пород

- Полускальные породы разной плотности
- Рыхлые несвязные. Валунные, галечные и гравийные разной плотности сложения
- Рыхлые несвязные. Песчаные плотные и среднеплотные
- Рыхлые несвязные. Песчаные малоплотные
- Мягкие связные. Глинистые уплотненные
- Мягкие связные. Глинистые среднеуплотненные
- Мягкие связные. Глинистые малоуплотненные

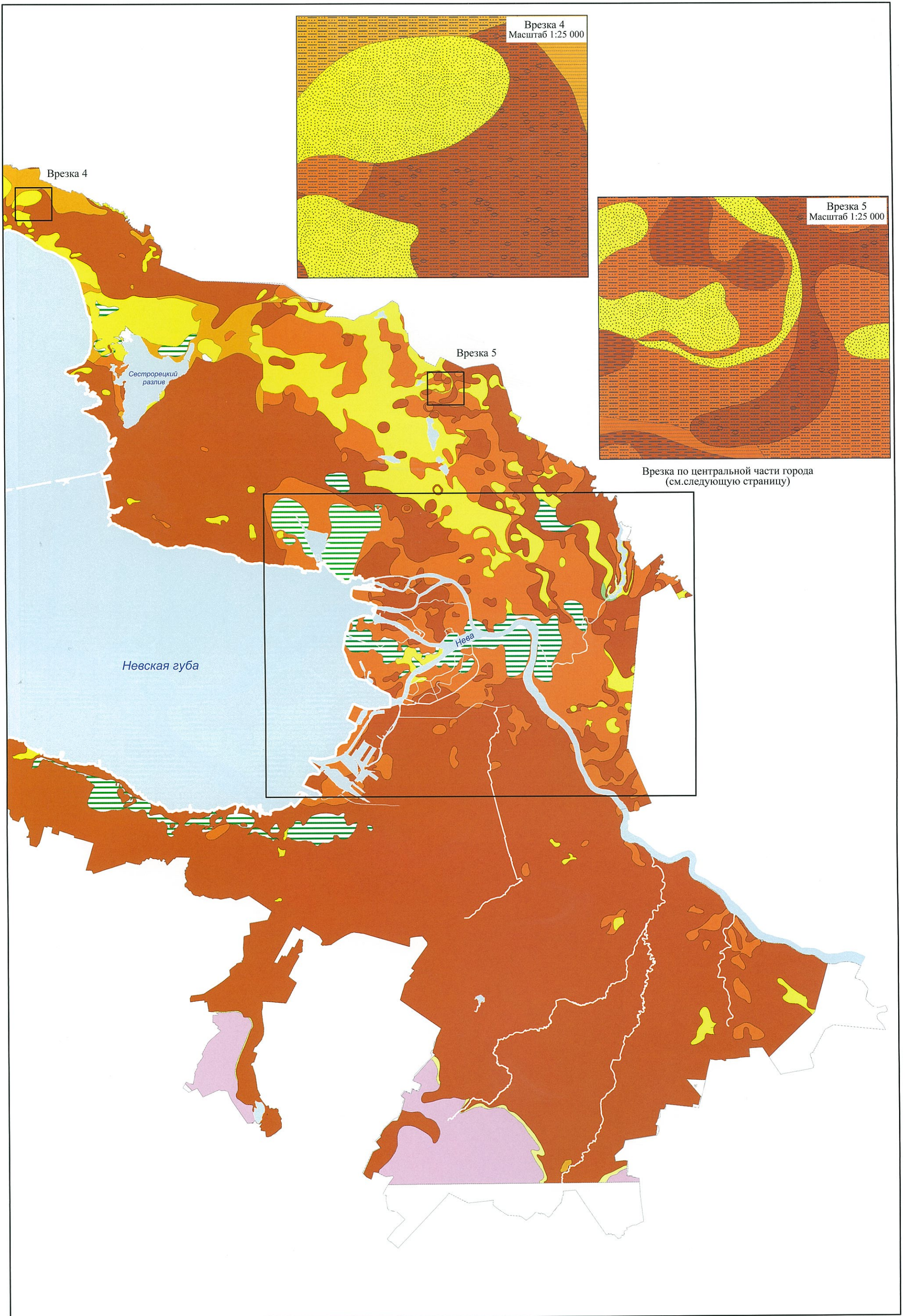
- Переслаивание пород с примерно одинаковым соотношением мощностей
- Переслаивание пород с преобладанием одной из них по площади или в разрезе

Литологические различия пород (на врезках)

- Пески мелкие и тонкие
- Пески крупные и средней крупности
- Пески гравелистые
- Супеси
- Суглинки и глины
- Суглинки и глины ленточные
- Супеси валунные
- Суглинки валунные
- Переслаивание песков, супесей, глин
- Глины (дочетвертичные)
- Переслаивание песчаников и глин дочетвертичных



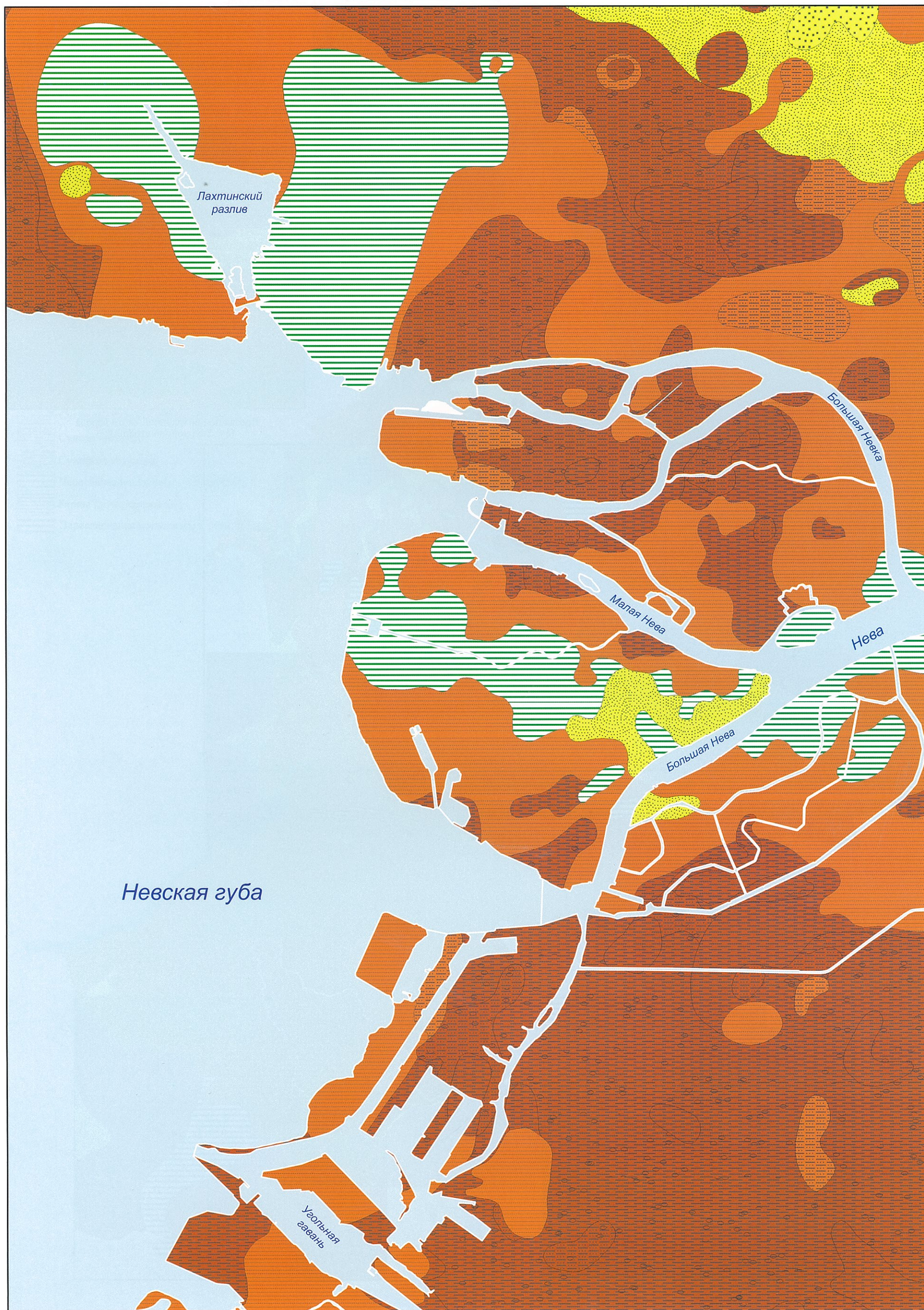


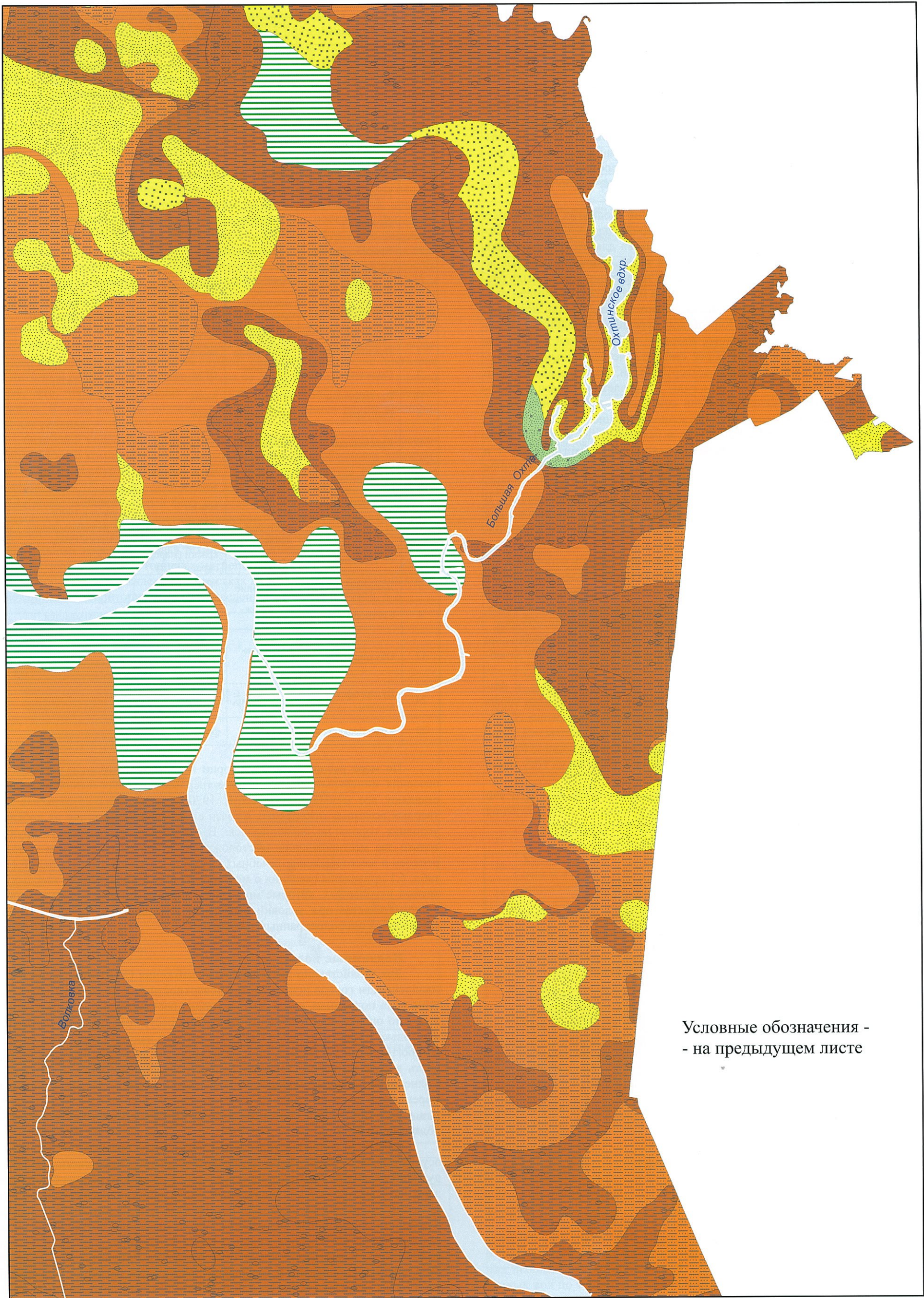


# Инженерно-геологическая карта среза 10 метров центральной части города

Масштаб 1:50 000

0,5 0,25 0 0,5 1 1,5  
Км





## 6. Полезные ископаемые

*Solid minerals occurring in the territory of St. Petersburg are common mineral resources, genetically related to Quaternary deposits: peat, sand, clay, etc. Non-economic phosphorite and uranium-bearing shale of no economic value are confined to Ordovician rocks of limited occurrence in the south of the city. Five deposits of underground waters with total exploitable reserves of 100,000 m<sup>3</sup>/day were discovered in St. Petersburg. Three of them are being in operation.*

### Твердые полезные ископаемые

Геологическое строение определяет комплекс твердых полезных ископаемых, представленных на территории Санкт-Петербурга. В основной части это полезные ископаемые, связанные с четвертичными отложениями (торф, пески, глины и т.п.). С более древними породами ордовикского возраста, ограниченно распространенными в южной части города, связаны скопления фосфоритов, не имеющие в настоящее время промышленного значения. Здесь же отмечены повышенные содержания урана (обзор «Охрана окружающей среды...», 2009).

Подавляющее большинство месторождений полезных ископаемых выявлены и разведаны на территории города в 40-60 годы XX столетия. Основная их часть представлена глинами, пригодными для изготовления кирпича и керамзита, с запасами от первых сотен тысяч кубических метров до 9,5 млн. кубических метров. За этот период на территории города было разведано 20 месторождений глинистого сырья, на базе которых работали кирпичные заводы небольшой мощности. Выделяются две площади локализации месторождений: первая – на Карельском перешейке в районе ст. Белоостров, Дибунны, Песочная, Левашово, вторая – в Приневской низине. На Карельском перешейке глинистое сырье связано с четвертичными отложениями, на Приневской низине – как с четвертичными, так и с кембрийскими отложениями (сиверская свита). В 60-е годы XX столетия, в связи с ликвидацией заводов, оставшиеся запасы были списаны с государственного балансового учета, как утратившие промышленное значение.

В 1946 году в районе Парголово было разведано два месторождения минеральных красок озерно-болотного происхождения: Парголовское I и Парголовское II с запасами 3 и 5 тыс. т сырья соответственно. Красочное сырье признано пригодным для получения умбры (Парголовское I) и сиены жженой и умбры (Парголовское II). Месторождения не разрабатывались. В 1990 г. их запасы были списаны с баланса, как утратившие промышленное значение в связи с изменением требований стандарта к сырью и непригодностью для производства художественных красок.

В период с 1951 по 1970 год в районе Красного Села в основании ордовикской толщи были выявлены и разведаны два месторождения фосфоритовых песков (Красносельское и Дудергофское) с глубиной залегания полезной толщи от 18 до 85 метров при средней мощности 2 – 4 метра. Только первое из них частично попадает на территорию Санкт-Петербурга.

В 1964 году организацией «Геоминвод» разведано месторождение гиттиевых глин, используемых на Сестрорецком курорте в качестве лечебных грязей.

Торфяное месторождение «Обуховское» с запасами 3420 тыс. т разрабатывалось с 1949 года. В последнее десятилетие уровень добычи торфа не превышал 8-15 тыс. т. в год, что связано с ограниченностью рынка сбыта. В 2005 году оставшиеся запасы были списаны с баланса (474 тыс. т.). Срок действия лицензии на разведку и добычу торфа на месторождении «Обуховское» истек в ноябре 2008 года. По состоянию на 1.01.2009 г. на государственном балансе числится 86,5 тыс. т.

В 2008 году Федеральным агентством по недропользованию МПР РФ была выдана лицензия на разведку и добычу Сестрорецкого месторождения строительных песков, расположенного в акватории Финского залива.

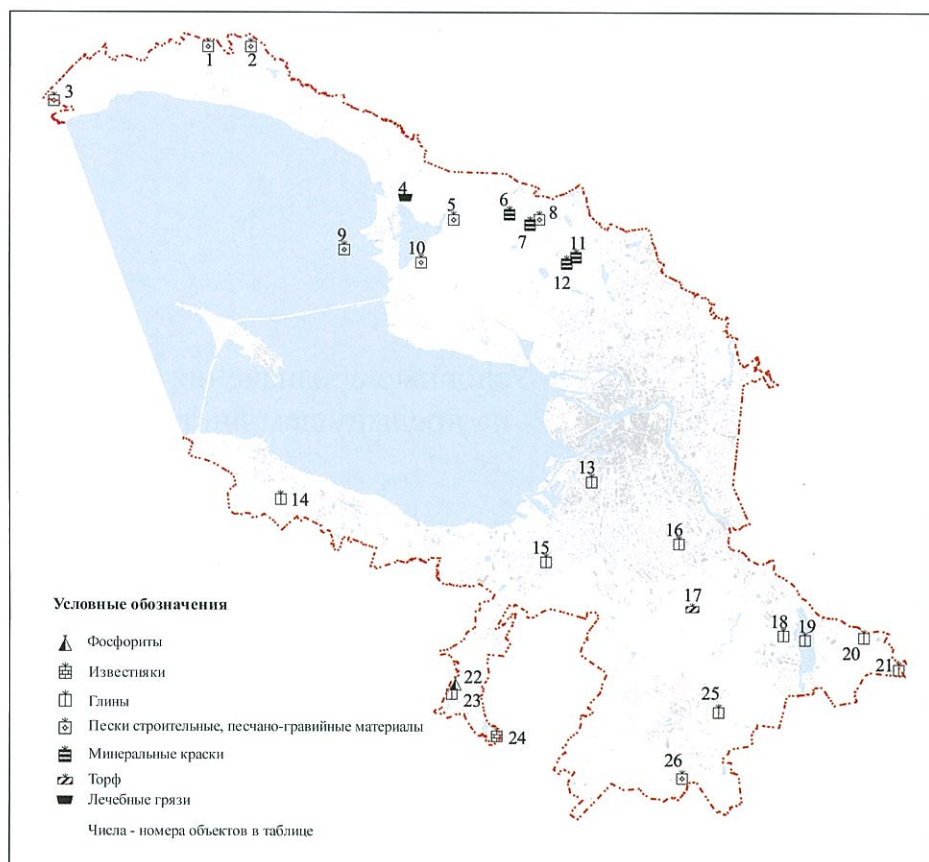


Рис.6.1 Месторождения и проявления твердых полезных ископаемых

Таблица 6.1 Сведения о месторождениях твердых полезных ископаемых

№ на рис.	Название	Вид объекта	Полезное ископаемое	Сведения об использовании
20	ст. Саперная	месторождение	глина кирпично-черепичная	Не разрабатывалось. Снято с учета в 1961г.
18	Возрождение	месторождение	глина кирпично-черепичная	Разрабатывалось. Снято с учета в 1963г.
19	Колпинское	месторождение	глина кирпично-черепичная	Разрабатывалось. Снято с учета в 1974г.
14	Мартышкинское	месторождение	глина кирпично-черепичная	Разрабатывалось. Снято с учета в 1974г.
25	Пушкинское	месторождение	глина кирпично-черепичная	Разрабатывалось. Снято с учета в 1964г.
16	ст. Сортировочная	месторождение	глина кирпично-черепичная	Разрабатывалось. Снято с учета в 1974г.
13	Горячепольское	месторождение	глина, цементное сырье	Разрабатывалось. Снято с учета в 1960г.
15	Дачное	месторождение	глина, цементное сырье	Не разрабатывалось. Снято с учета в 1956г.
23	Красносельское	проявление	глина кирпично-черепичная	
21	Маяк - кирпичный завод	проявление	глина кирпично-черепичная	
9	Сестрорецкое	месторождение	Пески строительные	В 2008 г. выдана лиценз. на разведку и добычу.
2	Решетниково	проявление	песок	
1	Пухтола-Гора	проявление	песок	
3	Смолячково	месторождение	ПГМ, песок	Не разрабатывалось. Снято с учета в 1977г.
10	Сестрорецкое	проявление	песок	
5	Выпуряви	проявление	песок	
8	Краснополье	проявление	гравийно-песчаный материал	
26	Пязелевское	проявление	песок кварцевый	
12	Парголовское I	месторождение	краски	Не разрабатывалось. Снято с учета в 1990г.
11	Парголовское II	месторождение	краски (мумия, умбра)	Не разрабатывалось. Снято с учета в 1990г.
6	ст. Песочная	проявление	краски (марс, охра, умбра)	
7	Левашово	проявление	краски (марс, сиена, умбра)	
4	Сестрорецкое	месторождение	лечебные грязи	Разрабатывается.
17	Обуховское	месторождение	торф	Не эксплуатируется. В 2008 г. истек срок лицензии. Остаточные запасы - 86,5 тыс. т.
24	Дудергофские высоты	проявление	известняк	
22	Красносельское	месторождение	фосфориты	Не разрабатывалось. Снято с учета в 1963г.

По мере расширения территории городской застройки, перспективы освоения минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых представляют все меньший интерес. С 1970 года минерально-сырьевая база твердых полезных ископаемых в связи с бесперспективностью их добычи в условиях города не наращивалась. В настоящее время эксплуатируются только два месторождения: месторождение строительных песков «Сестрорецкое» и месторождение лечебных грязей «Сестрорецкое». На рис. 6.1 и в табл. 6.1 приведены сведения о месторождениях и проявлениях твердых полезных ископаемых, которые могут представлять интерес для малого предпринимательства при условии выделения земельного и горного отвода и соблюдения природоохранных требований.

### Подземные воды

Для хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ) населения и промышленности города используются поверхностные и подземные воды. При этом доля подземных вод в ХПВ в городе составляет 4%. По результатам работ по оценке обеспеченности населения ресурсами пресных подземных вод только Курортный район Санкт-Петербурга надежно обеспечен не только прогнозируемыми ресурсами, но и разведанными запасами. Текущая потребность в воде питьевого качества Белоострова, Зеленогорска, Сестрорецка, Солнечного и Ушкаво полностью закрывается за счет подземных вод межморенного и вендского водоносных комплексов. Большая же часть территории Санкт-Петербурга относится к недостаточно обеспеченной пресными подземными водами.

Вплоть до конца шестидесятых годов добыча пресных подземных вод осуществлялась бессистемно рассредоточенными скважинами. В последующий период до 1997 года на территории Курортного района было разведано пять месторождений подземных вод с общими эксплуатационными запасами около 100 тыс. куб. м/сутки. На базе трех из них созданы централизованные скважинные водозаборы, обеспечивающие питьевой водой население Курортного района, включая город Зеленогорск и поселки Комарово и Репино. В настоящее время месторождения Дибунновское, и Песоченское, участки Дюновский и Серовский практически остаются неосвоенными. Слабая освоенность ресурсной базы при наличии потребности в питьевых подземных водах является следствием устаревшей схемы водопользо-

вания. Наиболее высокий уровень освоенности отмечается для месторождений и участков, запасы которых были оценены, переоценены или перераспределены в последние 2 года под реальные потребности.

Подземные воды являются также основным источником водоснабжения юго-западных городов-спутников Санкт-Петербурга: Красного Села, Петродворца, Ломоносова, а также Кронштадта. Красное Село обеспечивается централизованным водозабором, созданным на окраине города на базе месторождения трещинно-карстовых вод. Запасы подземных вод утверждены в 1984 году в количестве 20 тыс. куб. м/сутки, а в 2001г. увеличены в зависимости от водности года до 29,5 тыс. куб. м/сутки. В остальные из вышеперечисленных городов подземные трещинно-карстовые воды транспортируются по трубопроводам из каптажей, расположенных на территории Ленинградской области в зоне разгрузки продуктивного водоносного горизонта. Общее количество подземной воды, подаваемой в Санкт-Петербург с территории области, в последние годы составляет 44,0 – 46,6 тыс. куб. м/сутки.

Возможность некоторого увеличения подземной составляющей в балансе водопотребления Санкт-Петербурга установлена в восьмидесятые годы разведочными работами по выявлению запасов подземных вод, приуроченных к погребенной долине протягивающейся вдоль побережья Финского залива от Лисьего Носа до пл. Мужества в Санкт-Петербурге. По результатам разведки выделены участки Лисьеносовский, Морской, Восточнолахтинский, Байконурский, перспективные для создания скважинных водозаборов в системе резервного водоснабжения города с оцененными запасами суммарно в 17,2 тыс. куб. м/сутки.

Преобладающая часть города лишена местных источников пресных подземных вод и обеспечивается исключительно водой из реки Нева. Сосредоточенные здесь ресурсы подземных вод вендского (гдовского) водоносного комплекса, залегающие на глубине около 200 метров, не пригодны для питьевых целей – минерализация воды на 2-3 г/л превышает санитарную норму, что, однако, переводит ее в категорию минеральной лечебно-столовой. В этом качестве подземные воды используются рядом предприятий для розлива.

Основной водоотбор минерализованной воды из вендского (гдовского) водоносного комплекса связан с техническим водоснабжением предприятий Санкт-Петербурга. Начиная с 1975 года, наблюдается непрерывное снижение водоотбора для технических нужд и, соответственно, повышение уровня воды. Положительный факт восстановления естественных ресурсов подземных вод вендского (гдовского) водоносного комплекса как источника резервного водоснабжения в критических ситуациях имеет и определенный отрицательный эффект, создавая технические сложности с оборудованием и профилактикой скважин в тоннелях метрополитена.

Данные о месторождениях и участках месторождений подземных вод, разведанных на территории города, приведены на рис. 6.2 и в табл. 6.2.

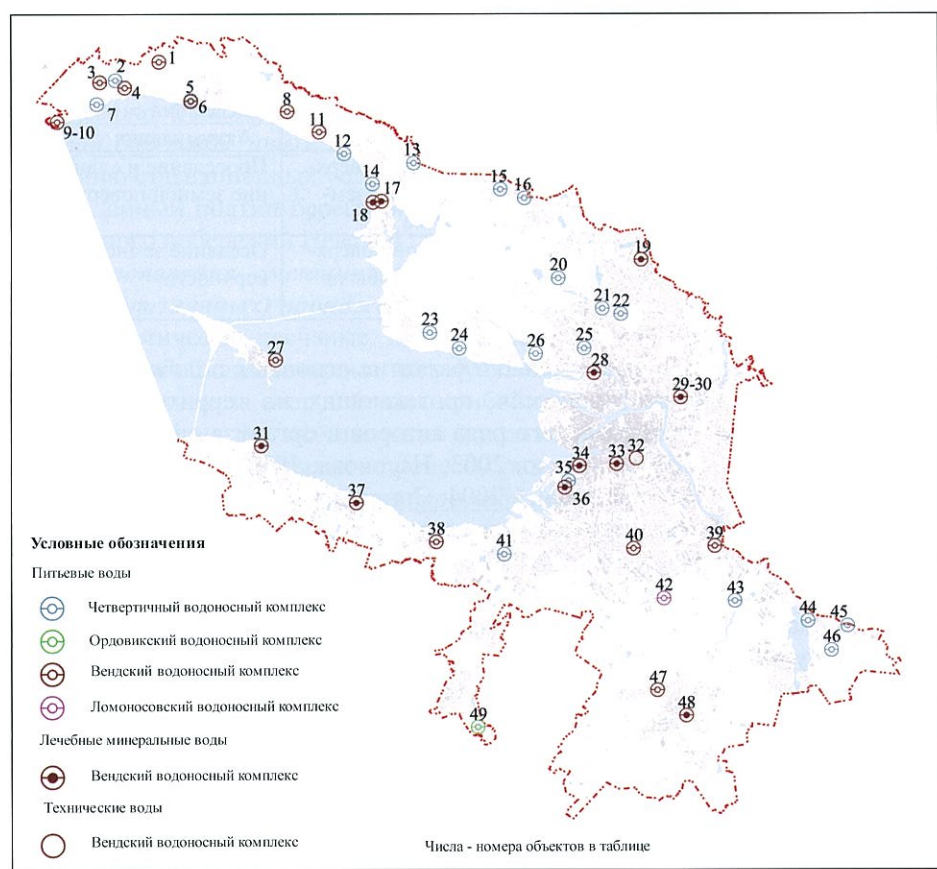


Рис. 6.2 Месторождения и участки месторождений подземных вод, эксплуатируемые водоносные горизонты и комплексы

Таблица 6.2 Месторождения и участки месторождений подземных вод

№ на рис	Название месторождения, участка	Запасы, т.куб. м/сут.	Водоносный комплекс	Инстанция, дата утверждения	Освоенность, %
<b>Питьевые подземные воды</b>					
1	Ушковское месторождение	0,15	Вендский	ГКЗ, 31.08.2007	24,0
2	Серовский участок	12,24	Межморенный	ГКЗ, 27.04.1977	0
3	Молодежное 1 месторождение	0,265	Вендский	ТКЗ, 28.09.2007	12,5
4	Серовское месторождение	0,073	Вендский	ТКЗ, 03.12.2008	100
5	Зеленогорское месторождение	15,0	Межморенный	ТКЗ, 23.06.2008	40,3

№ на рис	Название месторождения, участка	Запасы, т.куб. м/сут.	Водоносный комплекс	Инстанция, дата утверждения	Освоенность, %
6	Териокское месторождение	1,2	Вендский	ТКЗ, 18.08.2004	37,0
7	Молодежный участок	24,0	Межморенный	ГКЗ, 27.04.1977	2,7
8	Комаровский участок	2,604	Вендский	ТКЗ, 30.03.2007	16,3
9	Смолячковское месторождение	2,89	Вендский	ТКЗ, 25.12.2008	0
10	Смолячковский участок	0,61	Вендский	ТКЗ, 25.12.2008	68,0
11	Репинский участок	2,81	Вендский	ТКЗ, 30.03.2007	32,0
12	Солнечный участок	12,5	Межморенный	ТКЗ, 20.12.1975	0,22
13	Сестрорецкий участок	4,0	Межморенный	НТС, 30.09.1981	8,4
14	Дюновский участок	18,0	Межморенный	ТКЗ, 20.12.1975	0
15	Дибуновское месторождение	0,34	Межморенный	НТС, 25.06.1969	0
16	Песоченское месторождение	8,9	Межморенный	НТС, 25.06.1969	0
20	Каменный участок	3,33	Межморенный	ТКЗ, 15.12.2000	0
21	Коломяжский участок	3,33	Межморенный	ТКЗ, 15.12.2000	0
22	Удельнинский участок	3,33	Межморенный	ТКЗ, 15.12.2000	0
23	Лисьеносовский участок	9,5	Межморенный	ТКЗ, 18.03.2003	0
24	Морской участок	5,0	Межморенный	ТКЗ, 28.03.2007	6,8
25	Байконурский участок	1,585	Межморенный	ТКЗ, 24.12.2007	5,4
26	Восточнолахтинский участок	1,18	Межморенный	ТКЗ, 24.12.2007	0
27	Кронштадское месторождение	1,235	Вендский	ТКЗ, 24.06.2008	0
35	Канонерское месторождение	2,9	Межморенный	НТС, 31.08.1989	0
38	Стрельнинское месторождение	0,345	Вендский	ТКЗ, 02.12.2005	15,9
39	Невское месторождение	4,6	Вендский	ГКЗ, 30.03.2005	0
40	Московское месторождение	4,0	Вендский	ГКЗ, 30.03.2005	0
41	Сосновопольское месторождение	3,0	Межморенный	НТС, 31.08.1989	0
42	Шушаровское месторождение	0,02	Ломоносовский	ТКЗ, 10.12.2008	20,5
43	Петро-Славянское месторождение	4,8	Межморенный	НТС, 31.08.1989	0
44	Усть-Ижорское месторождение	6,8	Межморенный	НТС, 31.08.1989	0
45	Корчминское месторождение	14,5	Межморенный	ТКЗ, 18.03.2003	0,6
46	Колпинское месторождение	15,7	Межморенный	НТС, 31.08.1989	0
47	Александровское месторождение	0,08	Вендский	ТКЗ, 26.05.2008	0
49	Красносельский участок	29,5	Ордовикский	ГКЗ, 14.09.2001	79,5
<b>Лечебные минеральные воды</b>					
17	Курортнодюновский участок	0,432	Вендский	ГКЗ, 24.12.1993	2,5
18	Курортносестрорецкий участок	0,7	Вендский	ГКЗ, 22.10.1986	8,6
19	Парнасский участок	0,05	Вендский	ТКЗ, 16.01.1996	0
28	Каменноостровский участок	0,04	Вендский	ТКЗ, 20.06.1996	0
29	Полостровское месторождение	0,634	Межморенный	ГКЗ, 20.12.1972	5,2
30	Охтинский участок	0,16	Вендский	ГКЗ, 22.11.2002	11,9
31	Ломоносовский участок	0,15	Вендский	ТКЗ, 29.10.1991	0
33	Масляный участок	1,1	Вендский	ГКЗ, 15.05.2002	0,004
34	Адмиралтейский участок	0,12	Вендский	ТКЗ, 20.06.1996	0
36	Кировский участок	0,2	Вендский	ТКЗ, 29.10.1991	0,5
37	Петродворцовый участок	0,75	Вендский	ГКЗ, 22.10.1986	2,5
48	Маринтальский участок	0,04	Вендский	ГКЗ, 07.12.2000	0,75
<b>Технические подземные воды</b>					
32	Центральнопетербургское месторождение	60	Вендский	НТС, 25.12.1991	2,2

Разведанные эксплуатационные запасы пресных подземных вод составляют 220,3 тысяч куб. м/сут, из них использовано 33,4 тысяч куб. м/сут. Утвержденные запасы минеральных вод составили 4,38 тысяч куб. м/сут, из них использовано 0,14 тысяч куб. м/сут. Прогнозные ресурсы пресных подземных вод по территории Санкт-Петербурга оцениваются в 255 тысяч куб. м/сут.

## 7. Состояние геологической среды и проявленные в ней экзогенные процессы

*Geological structure and history of geological evolution, tectonics, as well as physical and geographical position and climate are controlling factors of exogenous processes that take place in the territory of St. Petersburg. In the humid climate, wave and ice abrasion (erosion) and accumulation, various types of water and wind erosion, karst, flooding and swamp formation are quite natural.*

*In the sub-surface with elevated humidity (60-90%), processes of gas generation, typical of the swamp landscape of the North-West Region and characteristic of the subsoil of St. Petersburg are active in the organic matter. The gas generated in the subsoil of the city and consisting for 98% of comparable amounts of methane and carbon dioxide at subordinate amount of other gases is known as "biogas".*

*Radon discharge is recorded in the southern part of the city. Radon is radioactive gas that forms during natural radioactive decay of rocks containing uranium.*

### 7.1. Экзогенные геологические процессы

**Экзогенные геологические процессы** обусловлены экзодинамическим преобразованием горных пород, происходящим на поверхности Земли и в приповерхностном слое - в зоне действия факторов выветривания, эрозии, склоновых и береговых деформаций, вызванные в большей части внешними по отношению к литосфере силами (солнечной энергией, атмосферными, гидросферными, гравитационными). Под экзогенными геологическими опасностями понимаются опасности, которые обусловлены проявлениями экзогенных геологических процессов (ЭГП) и явлений, вызывающих напряженные, опасные, аварийные и катастрофические ситуации в геологическом пространстве. В качестве опасных экзогенных процессов на территории города, а также в пределах дна и береговой зоны водных объектов Санкт-Петербурга, в том числе Невской губы и восточной части Финского залива, можно отметить следующие:

**Вдольбереговое и поперечное перемещение наносов** – обусловлено устойчиво ориентированным фронтом волнения или прибрежным течением. При возникновении повышенных скоростей и объемов такого перемещения, в зависимости от целого ряда других условий, происходит либо размыв (перуглубление), либо заносимость (обмеление) прибрежных мелководий. В результате происходит опасное обмеление акваторий, каналов и фарватеров, что не исключает возможность возникновения напряженных и аварийных ситуаций.

**Переработка берегов** - геологическое явление, связанное с размывом и разрушением горных пород в береговой зоне морей (абразия), рек, озер, водохранилищ (береговая эрозия) под влиянием волноприбойной деятельности, колебания уровня воды и других факторов, формирующих береговую линию.

**Абразия (волновая)** - разрушающее воздействие морских волн на берег. При разрушении аккумулятивных по происхождению берегов или берегов, сложенных рыхлыми породами, абразионный процесс носит название **размыва**.

В условиях Балтийского моря скорость отступления берега во время сильных штормов достигает десятков сантиметров в час, что сопровождается изменениями профиля рельефа, разрушением и переносом пород, отложений и осадков, деградацией ландшафта, а также разрушением зданий и сооружений береговой инфраструктуры. Специфическая **ледовая абразия** обусловлена изменениями площадей и уровня ледового покрова и, в первую очередь, припая при изменениях и особенно повышениях уровня моря в зимний период, а также при ледоходе на реках. При этом происходит выплывание поверхности приурезовой части береговой зоны и прилегающих к ней площадей берега, в пределах которых уничтожается, повреждается или перемещается все то, что располагается в этих пределах. В результате абразии (размыва) в ряде мест на берегу происходит смещение породных масс с образованием оползней, осыпей, просадок и обвалов, которые наряду с деградацией ландшафта приводят к нарушениям и разрушениям элементов береговой инфраструктуры, вплоть до возникновения напряженных и аварийных ситуаций.

**Донный размыв** – в пределах значительных площадей дна прибрежных мелководий в условиях дефицита осадочного материала и интенсивной придонной гидродинамики наблюдаются активные процессы размывания дна, преимущественно за счет селективного выноса тонкозернистого материала. Следствием размывания морского дна может явиться повреждение инженерных коммуникаций, проседание несущих опор различных конструкций и т.п.

**Затопление** – заполнение водами прибрежной территории, происходящее за счет ветрового (штормового) нагона, а также за счет действия волн в сочетании с резкими изменениями атмосферного давления (нагоны, наводнения), а также при ледовых заторах.

**Эрозия (линейная)** - процесс разрушения горных пород и отложений водными потоками;

**Оползни** - смещение масс горных пород (и отложений) по склону под воздействием собственного веса и дополнительной нагрузки вследствие подмыва склона, переувлажнения, сейсмических толчков и иных процессов. Возникновение этих опасных для всей береговой инфраструктуры и подводных инженерных коммуникаций (трубопроводы, кабели) явлений может быть обусловлено нарушением равновесия склонов за счет накопления значительных масс современных полужидких алевро-пелитовых осадков, изменениями гидрогеологического режима, процессами постседиментационных изменений донных отложений, подтоплениями, сейсмической активностью, техногенной деятельностью и т.д.

**Суффозия** - эрозионный процесс вымывания (выщелачивания) фильтрующейся водой микрочастиц из растворимых горных пород, сопровож-

дающийся образованием просадочных деформаций в вышележающих породах.

**Карст** – совокупность процессов, связанных с деятельностью воды (поверхностной и подземной) и выражающихся в растворении горных пород и образовании в них пустот разного размера и формы. Своеобразные отрицательные карстовые формы рельефа (воронки, котловины) возникают на участках развития сравнительно легкорастворимых горных пород (известняки, доломиты).

**Заболачивание** – процесс образования болота на переувлажненных участках земной поверхности вследствие затруднительного стока или близкого залегания к поверхности водоносных пород, либо водоупорного слоя.

В настоящее время разработана генетическая классификация экзогенных геологических опасностей, применительно к территории России (Природные опасности России, 2002), на основе которой выделены группы, классы и типы опасностей, проявленных в пределах Санкт-Петербурга (Табл.7.1).

Таблица 7.1 Общая генетическая классификация экзогенных геологических опасностей Санкт-Петербурга

№	Группы опасностей	Классы опасностей	Типы опасностей
1	Обусловленные климатическими и биологическими факторами	Разрушение и изменение горных пород	Выветривание
2	Обусловленные энергией рельефа (силой тяжести)	Движение горных пород без потери контакта со склоном или с незначительной потерей его	Оползни
3	Обусловленные поверхностными водами	- Изменение береговой зоны - Оврагообразование	- Абразия - Вдольбереговое перемещение наносов - Затопление - Переработка берегов - Заиление - Эрозия - Аккумуляция наносов
4	Обусловленные подземными и поверхностными водами	Механический вынос	Суффозия
		Понижение уровня подземных вод	Оседание поверхности
		Подъем уровня грунтовых вод	- Подтопление - Заболочивание
		Ослабление и разрушение структурных связей грунтов	Плывуны
		Увеличение объема глинистых пород	Набухание
5	Обусловленные ветром	Развевание и выдувание песчаного материала	- Дефляция - Аккумуляция
6	Обусловленные выработкой подземного пространства и другими техногенными воздействиями	Деформация земной поверхности в результате подземного строительства	Проседание и сдвижение земной поверхности
		Деформация земной поверхности в результате добычи подземных вод	Оседание земной поверхности

Большой вклад в становление и развитие основных положений об экзогенных геологических процессах, протекающих на территории Санкт-Петербурга, внесли работы целого ряда авторов и организаций (Ауслендер, 2001; Виноградов, 2001 ф; Дашко, 2003; Насонова, 1995 ф; Николаев, 1990 ф; Осипов, 2007 ф; Невская губа..., 2004; Спиридонов, 2004). На территории города проводится планомерный мониторинг объектов, развивающихся под воздействием различных видов ЭГП (Арестова, 2007 ф; Бахарев, 2009 ф; Дмитриев, 2006 ф; Рябчук, 2008; Савенкова, 2006 ф). Все вышеперечисленные материалы послужили источниками фактического материала и положены в основу данного раздела.

В центральной части города проявления ЭГП могут быть спровоцированы техногенными факторами. Так, например, отдельные проявления суффозионных процессов и связанные с ними провалы и депрессии зачастую обусловлены прорывом вод из подземных коммуникаций.

#### Экзогенные геологические процессы в береговых зонах города

Морские берега С.-Петербурга относятся к берегам, сформированным преимущественно волновыми процессами, и за исключением небольшого по протяженности участка выровненного аккумулятивного берега (от пос. Солнечное до Сестрорецка) и техногенного (в Невской губе), могут быть отнесены к типу *выравнивающихся абразионно-аккумулятивных бухтовых* (Юнин, 1961).

#### Проявления процессов абразии (размыва)

Абразия (размыв) берегов относится к наиболее активно проявленным экзогенным геологическим процессам в береговой зоне Санкт-Петербурга, приводящим к потере прибрежных территорий, разрушению зданий и сооружений, дорог и коммуникаций.

В северной береговой зоне Невской губы абразионные берега составляют более 70% от общей протяженности, причем деструктивные процессы за последнее десятилетие усилились. В Курортном районе к абразионным и аккумулятивно-абразионным берегам относится 72% береговой зоны. Все пляжи Курортного района в той или иной степени подвержены размыву (Рябчук, 2008).

Средние скорости отступления берега по данным методов дистанционного зондирования составляют 50 см/год, максимальные – 2 м/год. Так, максимальное отступление берега в период с 1990 по 2005 г., достигающее 25-30 м, установлено на отдельных участках пляжей в пос. Серово, Ушково и Комарово.

**Абразионный валунный (моренный) подтип береговой зоны** формируется в результате процессов размыва берегов и подводного берегового склона, сложенных ледниковыми отложениями (мореной). В таком случае тонкие частицы удаляются, и образуется чехол валунно-галечных отложений (валунный бенч). В условиях преимущественно низменных морских берегов абразионные уступы, как правило, не превышают высоты 1 – 1.5 м.

Абразионный валунный (моренный) подтип является наиболее широко распространенным в береговой зоне. Выделяется, как правило, на мысах и выступающих в море участках берега (достаточно протяженных или локальных). Наиболее широко проявлен в районе г. Зеленогорска, пос. Репино, м. Дубовской и м. Таркала, а также в Невской губе.

В ряде случаев на поверхности валунного бенча формируются участки активного зарастания прибрежных мелководий водной растительностью. Данный подтип береговой зоны имеет локальное распространение на северном побережье Невской губы. В этом случае имеет место сезонная абразия, активно проявляющаяся во время осенних штормов и затухающая летом.

**Абразионный песчаный подтип** береговой зоны выделяется в зонах интенсивного размыва песчаных пляжей и развит локально в западной части Курортного района.

#### **Проявления процессов аккумуляции**

В целом, для рассматриваемой береговой зоны характерен поток наносов в восточном направлении. В зонах разгрузки потока наносов происходит аккумуляция песчаного материала и формирование пляжей.

Наибольшие по протяженности и ширине песчаные пляжи (более 100 м) расположены в районе пос. Солнечное - г. Сестрорецка (12 км) (аккумулятивный песчаный выровненный подтип береговой зоны) (Ионин, 1961). Локальные песчаные пляжи развиты в небольших бухтах по всему периметру восточной части Финского залива и Невской губы (аккумулятивный песчаный выравнивающий подтип береговой зоны). В тыловой части наиболее широких пляжей наблюдаются невысокие (до 4.5 м) дюны. В Курортном районе локальные зоны аккумуляции и выдвигания берега наблюдаются также в устьевых участках небольших рек - р. Приветная и Смолячкова ручья.

Песчаные пляжи обоих типов представляют собой наиболее привлекательные, с точки зрения рекреационного использования, участки береговой зоны. В то же время накопительные (аккумулятивные) процессы и явления несут в себе геологическую опасность, в случае, если приводят к обмелению (заносимости) подводного берегового склона, русел или фарватеров.

Специфическим подтипом береговой зоны являются участки активного зарастания прибрежных мелководий водной растительностью (аккумулятивный песчаный подтип береговой зоны с зарастанием подводного берегового склона (ПБС) водной растительностью и аккумулятивный илистый подтип береговой зоны), способствующей снижению волновой нагрузки и созданию стагнационных условий с накоплением алевро-пелитовых илов.

Данный подтип береговой зоны характерен как для северного, так и для южного побережий Невской губы (Спиридонов, 2004).

#### **Проявления смешанных (абразионно-аккумулятивных, аккумулятивно-абразионных) процессов**

Генетически песчаные пляжи естественного происхождения представляют собой элементарные аккумулятивные формы берегового рельефа, сформированные за счет действия прибойного потока (волнения). Однако в настоящее время на значительном протяжении сформировавшиеся ранее песчаные берега испытывают процессы размыва, формируя аккумулятивно-абразионный песчаный подтип береговой зоны.

Наиболее серьезные нарушения песчаных пляжей наблюдаются в ходе осенних и зимних штормов, происходящих в последние, наиболее теплые годы, в условиях отсутствия ледового покрова на акватории, защищающей берега и песчаные пляжи от ветро-волновой нагрузки и значительных колебаний уровня моря.

Участки береговой зоны данного подтипа расположены в районе пос. Серово, Комарово, Репино, Ольгино.

#### **Проявления процессов дефляции**

Под дефляцией понимается совокупность процессов, происходящих при ветровой эрозии. Участки местности, подверженные этим процессам, формируются в результате проявления разнообразных сил, в том числе и под влиянием перемещений сыпучего песчаного материала воздушными массами.

На территории Санкт-Петербурга участки с проявлением этого вида ЭГП расположены в прибрежной зоне Курортного района между поселками Комарово и Солнечное.

Роль этого процесса в формировании облика территории города сравнительно невелика. Однако, несмотря на незначительные ареалы проявления процесса, его негативная составляющая очевидна, так как связана с разрушением пляжей в рекреационной зоне Санкт-Петербурга (в основном в пределах дюн и междюнных ложбин). Кроме того, она проявляется при выветривании песка из-под корневых систем деревьев с образованием, так называемого, «обреченного древостоя», представляющего угрозу людям.

#### **Проявления процессов техногенного преобразования берегов**

Современный облик береговой зоны формируется, изменяется, а порой и принципиально перестраивается за счет активного и разностороннего техногенеза.

Берега Невской губы на значительном протяжении (Петроградский, Василеостровский, Кировский, Красносельский районы) относятся к техногенному типу.

Наиболее известным техногенным объектом городской береговой зоны являются набережные, представляющие собой сложные по составу и строению разновозрастные гидротехнические сооружения, многие из которых имеют ландшафтную, архитектурную и историческую ценность.

В Курортном районе достаточно протяженные участки берега укреплены берегозащитными сооружениями (г. Зеленогорск, пос. Репино, м. Дубовской). Большинство имеющихся в настоящее время в морской береговой зоне Санкт-Петербурга берегозащитных сооружений находятся в аварийном состоянии. Применяемые на ряде участков методы «жесткой» берегозащиты (стенки из природного камня, бетонные откосы, глыбовые отсыпки вдоль береговой линии) постепенно приводят к полной деградации пляжей, размыву песчаных отложений на подводном береговом склоне и снижают рекреационную ценность побережья.

#### **Экзогенные геологические процессы на территории города**

##### **Проявление процессов линейной эрозии**

Процессы линейной эрозии, протекающие на территории города, относятся к типу сосредоточенной линейной эрозии (СЛЭ), производящейся водным потоком, вырабатывающим ложбины, овраги и, в конечном итоге, долины. Выделяются два вида СЛЭ – глубинная и боковая эрозии.

**Глубинная эрозия** (регрессивная, пятающаяся) распространяется от низовьев водотока вверх по течению и приводит к формированию продольного профиля равновесия. Результатом данного процесса является оврагообразование – формирование овражно-балочных форм рельефа.

Овражно-балочные формы рельефа широко развиты на территории Санкт-Петербурга на склонах морских террас, северном склоне Ордовикского плато, речных обрывистых берегах.

Всего на территории города выделено около 600 линейных склоновых эрозионных форм (в основном мало контрастные балочные формы), в подавляющем большинстве своем развитых в районах городских окраин. Отображенные на схеме проявлений ЭГП наиболее представительные формы связаны с обрывистыми куэстообразными уступами Ордовикского плато, развитыми вдоль южной границы города.

**Боковая эрозия** является составной частью русловой эрозии рек и характеризуется процессами разрушения речных берегов текучими водами. В конечном итоге приводит к расширению dna долины путем меандрирования.

Практически все реки на территории Санкт-Петербурга в той или иной степени подвержены процессам боковой эрозии. Негативная составляющая этого процесса связана с подмывом и обрушением берегов, развитием оползневых процессов. Разрушению подвержены в равной степени, как правый, так и левый берега в зависимости от конфигурации русла рек, водообильности, скорости течения, высоты и крутизны берегов. В среднем протяженность отдельных эродированных участков составляет до 50-100 м. В целом процессы боковой эрозии на территории Санкт-Петербурга проявлены в средней и слабой степени.

Проявления эрозионных процессов также приводят к размыву корневых систем деревьев с повалом обреченного древостоя в воду, в результате чего образуются застойные участки водотока, происходит замусоривание рек и формирование антисанитарного облика их берегов.

Наибольшую опасность представляют процессы боковой эрозии, развитые на участках, примыкающих к инженерным и транспортным коммуникациям, зданиям промышленных предприятий, жилого фонда, а также к городским кладбищам.

В настоящее время проводится постоянный мониторинг состояния берегов рек Нева, Ижора, Большая Ижорка, Сестра, Славянка, Кузьминка, Охта, Смоленка, Волковка.

##### **Проявления оползневых процессов**

Оползневые процессы относятся к одному из типов гравитационных движений. Они проявляются в отрыве земляных масс, слоистых горных пород и перемещении их по склону под влиянием силы тяжести. Причина оползания связана с потерей пород склона устойчивости. Вызвано это может быть разными процессами.

Следствием влияния боковой эрозии рек является потеря породами упора у основания склона, что вызывает оползание в воду участков почвенно-растительного слоя и образование отмелей. Иногда в процесс оползания вовлечены деревья и кустарники и тогда образуется характерная для этих образований картина - так называемый, «пьяный лес».

На участках развития морских террас, особенно в южных районах города, происходит разгрузка подземных вод. Результатом этого является увлажнение пород и, соответственно, изменение их физического состояния и ослабление прочности. Под воздействием гидродинамического давления подземных вод формируются оползни.

В ряде случаев причины оползания земляных масс могут быть спровоцированы техногенным вмешательством. Примером может служить формирование оползня в Пушкинском районе, вызванным залповым сбросом воды из водохранилища.

##### **Проявления процессов карстообразования**

Карстообразование характеризуется разрушением (растворением) водами горных пород, обладающих повышенной растворимостью, например, карбонатных пород, гипса, соли.

В Санкт-Петербурге результаты этого процесса проявлены на территориях Красносельского и Пушкинского районов, в геологическом строении которых принимают участие породы карбонатной формации ордовикского возраста. Карстовые формы фиксируются визуально и отмечались при проведении геологических исследований еще в конце XIX - начале XX вв.

В результате дешифрирования крупномасштабных космоснимков высокого разрешения было выявлено около 30 кольцеобразных и овальных форм размером до 120 м, связанных с карстообразованием. При заверке результатов дешифрирования и проведении опытных геофизических работ на местности были выделены разнообразные блюдцеобразные и конусовидные воронки диаметром до 3-15 м, расположенные поодиночке, либо группами или цепочками. Глубина их составляет 1-2 м; борта крутые с высыпками карбонатной дресвы, реже задернованные. На схеме проявления ЭГП они показаны в качестве участков развития локального карста.

#### **Проявления процессов болотообразования**

Результатом устойчивого, местами прогрессирующего избыточного переувлажнения территорий в условиях равнинного рельефа, связанного с близким залеганием к поверхности грунтовых вод или водоупорного слоя является образование болот. На территории Санкт-Петербурга выделяются 5 типов естественных (ненарушенных) и частично осушенных болот, выделенных по характеру питания: низинные болота в поймах рек (пойменные); низинные непойменные болота; верховые и переходные болота; прибрежные болота (марши) и частично выработанные болота и торфяники. В этих подразделениях фиксируются подтипы, которые выделяются по степени обводненности и по характеру растительности (Осипов, 2007 г.).

Всего на территории Санкт-Петербурга выделяются 292 болотных массива общей площадью 69,2 км<sup>2</sup>. На схеме проявления ЭГП они приведены как нерасчлененные болотные образования. В целом коэффициент пораженности территории Санкт-Петербурга этим видом ЭГП составляет 4,8%.

## **7.2 Подземные газы**

### **Образование болотного газа (биогаза)**

Болотный газ представляет собой смесь газов, образующихся при микробиологическом разложении растительных остатков в природных условиях без доступа воздуха. Он обладает свойствами горючести, содержит от 20 до 95% метана, в подчиненном количестве присутствуют CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>.

Процессы газообразования на территории города происходят как в естественных природных условиях (болотные ландшафты), так и на участках техногенной переработки. В процессе подготовки площадей под застройку нередко происходит засыпка водотоков и свалок с последующим уплотнением поверхностного слоя грунтов бетонными плитами, строительным мусором, твердыми бытовыми отходами, асфальтовым покрытием и т.д., что значительно понижает изначальную проницаемость грунтов. При этом на отдельных фрагментах засыпанной территории (палеореки и озера, болота, каналы, свалки и т.д.) с первоначальным обилием органического вещества и повышенной влажностью грунтов сохраняются благоприятные условия для активного газообразования.

Если в природных условиях биогаз относительно свободно проникает сквозь вышележащие слои рыхлых отложений и почв в атмосферу, постоянно удаляясь из зоны газогенерации, то в условиях антропогенного преобразования интенсивно образующийся и накапливающийся в грунтах газ не имеет возможности свободного выхода в атмосферу сквозь плотное техногенное перекрытие. В определенный момент времени под давлением биогаз может прорвать вышележащую толщу в ближайшем ослабленном месте, реализуясь в виде газо-грязевого выброса, или же будет накапливаться в близлежащих подземных сооружениях, в том числе и подвалах. При этом особенно опасно накопление метана. Газовые замеры, выполненные на участках газо-грязевых выбросов, подтверждают взрывоопасные содержания метана и высокие концентрации диоксида углерода в приповерхностных грунтах.

Интенсивная биохимическая переработка органического вещества в газы может приводить также к изменению первоначальных свойств грунтов. Это проявляется в виде их разуплотнения и «текучести», изменения несущей нагрузки. При этом даже небольшое накопление малорастворимых газов (метан) в песчано-глинистых породах может вызвать увеличение их напряженно-деформированного состояния, способствовать разуплотнению и снижению прочности глинистых пород, что проявится уже при малых динамических и вибрационных воздействиях. Высокие же содержания диоксида углерода способствуют повышению агрессивности подземных вод и негативно влияют на подземные сооружения и коммуникации.

Таким образом, к потенциальным опасностям на участках активного приповерхностного газообразования на застраиваемых территориях города следует отнести:

- возможность спонтанных газо-грязевых выбросов, как результат саморазрядки областей избыточного давления биогаза в зонах активного газообразования при затрудненном обмене с атмосферой;
- разуплотнение и изменение несущей нагрузки газонасыщенных грунтов, охваченных процессами биохимической переработки органического вещества в биогаз;
- потенциальная возможность накопления природного газа (и прежде всего метана) в прилегающих к зонам активного газообразования подземных сооружениях или расположенных непосредственно в них (коллекторы, подвалы зданий, люки и т.д.);
- повышение агрессивности подземных вод (высокие содержания диоксида углерода), и, как следствие, усиление биокоррозии строительных материалов, труб, проложенных коммуникаций.

Проведенные на территории Санкт-Петербурга специальные исследования (Виноградов, 2001 ф) позволили определить потенциальные области подземного газообразования. Экологическая опасность, обусловленная образованием природного биогаза, появляется при застройке участков, где ранее существовали болота, естественные или искусственные водоемы и водотоки, которые впоследствии были засыпаны. Такая опасность усиливается,

если в процессе их засыпки использовался малопроницаемый строительный мусор, твердые бытовые отходы.

При быстром повышении уровня грунтовых вод, вызванном обильными дождями в теплое время года или таянием снегов, происходит резкое усиление давления в пластах газообразования, что в значительной степени повышает опасность газо-грязевых выбросов.

Эпицентры интенсивного образования биогаза в приповерхностных грунтах Санкт-Петербурга приурочены к следующим горизонтам, расположенным на глубинах 1,5-15 м от поверхности:

- к засыпанному строительным мусором отдельным элементам водоемов, природной и искусственной гидросети;
- к обогащенным торфом болотным образованиям;
- к участкам рекультивированных свалок;

Анализ масштабов опасности, которую представляет для города процесс приповерхностного газообразования, показал, что примерно 3,7% территории города (5315 га) представляет собой засыпанные в прошлом водные объекты. Больше всего таких объектов находится в центральных районах: в Василеостровском районе они занимают 33% территории (555 га), в Центральном районе – 27% (475 га), в Адмиралтейском районе – 23% (310 га) и в Петроградском районе – 20% (402 га). Для вышеперечисленных районов потенциально опасные территории представлены в основном засыпанными болотами, утраченными водотоками и намывными территориями. Следует также обратить внимание, что осуществляемый в соответствии с Генеральным планом развития Санкт-Петербурга намыв новых территории в Кировском, Приморском, Петроградском и Василеостровском районах увеличит к 2012 году площадь погребенных водотоков и водоемов до 5329 га. Новые намывные территории будут также являться потенциальными зонами риска приповерхностного образования биогаза. На сегодняшний день экологически опасный уровень газообразования в грунтах, создающий аномальные газовые поля в залегающих на этих грунтах почвах, зафиксирован на 954 га.

Имеющийся опыт показывает, что установление систем разгрузки (газоотводных скважин, шурфов) является наиболее щадящим и экологически оправданным способом нейтрализации очагов скопления биогаза в грунтах в условиях крупного мегаполиса. В настоящее время на территории города оборудовано 52 газоразгрузочных скважины.

### **Образование радона**

Территория Санкт-Петербурга относится к потенциально радоноопасной (Карта геологической радоноопасности России, 1995), что предопределяется ее геологическим строением. Потенциальный радиационный риск территории оценивается, исходя из наличия в ее геологическом разрезе специализированных на природные радионуклиды комплексов горных пород и возможностью миграции эманаций. Радон является радиоактивным газом, который образуется в процессе естественного радиоактивного распада пород, содержащих уран. На территории Санкт-Петербурга в его южных районах развиты на незначительных глубинах, а местами и выходят на дневную поверхность, диктионемовые сланцы ордовика, в которых отмечается сингенетическое урановое оруденение. Такая геологическая особенность обуславливает повышенную радоноопасность территорий Красносельского и Пушкинского районов.

Природные источники ионизирующего излучения формируют основной вклад в общую эффективную дозу облучения населения Санкт-Петербурга – 72,9%. Из всех природных источников, к которым относится космическое излучение, внешнее гамма-излучение и др., наибольший вклад вносят радон и продукты его распада – 39,8%.

Прямыми признаками потенциального радиационного риска являются:

- повышенные концентрации природных радионуклидов в горных породах и почвах,
- повышенные концентрации радона в почвах и водах,
- аномальные концентрации радона в зданиях и сооружениях.

Для населения радон и продукты его распада представляют непосредственную опасность только тогда, когда они концентрируются в воздухе помещений, обычно в подвальных помещениях или на первых этажах зданий.

При превышениях установленных нормативных величин проводится комплекс радонозащитных мероприятий, обеспечивающий значительное сокращение концентрации радона. К наиболее типичным превентивным мерам относится выполнение таких несложных мероприятий как проветривание и обеспечение вентиляции подвальных помещений и первых этажей зданий. В случае малой эффективности мер по увеличению кратности воздухообмена выполняются более сложные мероприятия по герметизации подвальных помещений и вводов-выводов коммуникаций здания.

В целом для Санкт-Петербурга доза облучения, формируемая геологическими факторами не превышает допустимых норм, тем не менее, учет геологических особенностей территории при строительстве новых зданий, а также выполнение обследований и радонозащитных мероприятий в существующих, являются главными составляющими комплекса мер по снижению облучения населения от естественных источников ионизирующего излучения.

## **7.3. Влияние эксплуатации подземных вод на состояние геологической среды (на примере вендского водоносного комплекса)**

Пресные подземные воды вендского водоносного комплекса используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения в Курортном районе Санкт-Петербурга. В центральной части города минерализация их возрастает, и они используются преимущественно для технических целей (охлаждение промышленного оборудования и др.), а также для розлива в качестве



минеральных столовых вод («Охтинская», «Екатерингофская», «Ладога»). В небольших объемах подземные воды используются для бальнеологических целей в санаториях «Дюны», «Сестрорецкий курорт» и «Петродворец».

Начало эксплуатации вендского водоносного комплекса относится к концу XIX века, когда были пробурены первые скважины. Пьезометрические уровни в скважинах в это время отмечались выше поверхности земли (на абсолютных отметках плюс 4 м - в центральной части города).

Интенсивная эксплуатация подземных вод вендского водоносного комплекса в последующие годы, максимум которой пришелся на 70-е годы прошлого столетия, привела к существенному снижению пьезометрического уровня. Сформировалась региональная депрессионная воронка с центром в Санкт-Петербурге и выходящая далеко за его пределы. В центральной части города снижение уровней фиксировалось на абсолютных отметках минус 65-70 м. Площадь пьезометрической депрессии составляла порядка 20 тыс. кв. км. В этот же период времени происходило интенсивное освоение подземного пространства города, прокладка коммуникаций, проходка линий метрополитена.

Начиная с 1977 года, в связи с уменьшением использования подземных вод вендского водоносного комплекса для технологических целей, пьезометрические уровни имеют постоянную тенденцию к восстановлению (на 0,5-1,5 м в год). В настоящее время, по данным мониторинга, снижение уровня подземных вод вендского водоносного комплекса от первоначального его значения составляет: в северной части города - 21,57 м; в центральной - 25,27 м; в южной - 20,11 м. Однако, подъему уровня до первоначального положения в естественных условиях препятствует существенное влияние эксплуатации этих вод на Карельском перешейке (в Курортном районе Санкт-Петербурга, а также в Выборгском, Всеволожском и Приозерском районах Ленинградской области).

Столь интенсивное восстановление уровней приводит к увеличению гидростатического давления, действующего на перекрывающие водоносный комплекс отложения, что создает опасность неблагоприятного воздействия на существующие подземные инженерные сооружения.

Изменение пьезометрической поверхности подземных вод вендского водоносного комплекса в естественных условиях после периода интенсивной эксплуатации и положение ее в настоящее время на территории города показано на Схеме развития пьезометрических уровней вендского водоносного комплекса.

#### **7.4 Геологические и гидрогеологические условия наземного строительства**

Районирование территории города по условиям наземного строительства проводилось при выполнении комплексного картирования (Соловьева, 1984 ф; Дмитриев, 1989 ф; Ауслендер, 2001 ф) на основе интеграции геологических, гидрогеологических и инженерно-геологических материалов.

В качестве основного геологического фактора, определяющего условия наземного строительства, принята глубина залегания надежного основания для сооружений. На большей части территории города таким основанием являются отложения осташковской морены, на отдельных участках южных районов - дочетвертичные образования. На территории города выделяются районы, в которых надежное основание залегает на глубине: 0-2 м, 2-7 м, 7-15 м и более 15 м.

В пределах выделенных районов выделяются площади (подрайоны) с различным сочетанием ряда условий: мощности пород надежного основания, характеристик рыхлых образований, перекрывающих это основание, глубины залегания грунтовых вод. Эти условия определяют требования к конструкции сооружений, возможность последующего развития негативных изменений геологической среды и ее воздействия на фундаменты и коммуникации, а также условия ведения строительных работ.

Кроме того, на карте районирования по условиям наземного строительства выделены локальные площади с неблагоприятными для строительства характеристиками геологической среды. Гидравлическая связь грунтовых вод и вод верхнего межморенного горизонта, проявляющаяся на участках отсутствия осташковской морены, обуславливает возможность поступления поверхностного загрязнения в нижележащие водоносные горизонты при строительстве и эксплуатации сооружений, что необходимо учитывать как при ведении строительных работ, так и при определении допустимых видов хозяйственного использования территории.

В случаях малой мощности водоупора, отделяющего поверхность от первого сверху напорного водоносного горизонта, возможны прорывы напорных вод в котлованы при строительстве, их затопление, если пьезометрический уровень этих вод превышает уровень дна котлована. На карте районирования такие участки выделены для условий, когда глубина котлованов превышает 2 метра.

На карте показаны также площади, где пьезометрический уровень верхнего межморенного субнапорного горизонта превышает абсолютные отметки дневной поверхности. На таких участках нарушение состояния вышележащего водоупора (осташковской морены) может привести к подтоплениям поверхности.

К неблагоприятным по условиям наземного строительства отнесены также площади развития карбонатных пород ордовикского возраста, выходящих под маломощный рыхлый покров в южных районах города, в связи с проявлением здесь процессов карстообразования.

# Схема проявлений экзогенных геологических процессов

Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

### Проявления процессов абразии

- Участки абразионные валунные (моренные)
- Участки абразионные песчаные
- Участки абразионные валунные (моренные) с зарастанием ПБС водной растительностью

### Проявления процессов аккумуляции

- Участки аккумулятивные песчаные выравнивающиеся
- Участки аккумулятивные песчаные выровненные
- Участки аккумулятивные песчаные с зарастанием ПБС водной растительностью
- Участки аккумулятивные илистые с зарастанием ПБС водной растительностью

### Проявления смешанных (абразионно-аккумулятивных) процессов

- Участки абразионно-аккумулятивные песчаные

### Проявления процессов дефляции

- Участки эоловые холмисто-грядовые

### Проявления процессов эрозии

- Участки проявления речной (боковой) эрозии
- Участки проявлений линейной склоновой эрозии (овражно-балочные формы)

### Проявления процессов карстообразования

- Области потенциального карстообразования
- Участки проявления локального карста

### Проявления процессов заболачивания

- Заболоченные участки (нерасчлененные)

### Проявления процессов техногенного преобразования берегов

- Участки техногенные (гидротехнические сооружения, набережные и др.)

### Проявления оползневых процессов

- Участки оползания (обрушения, скрипа)

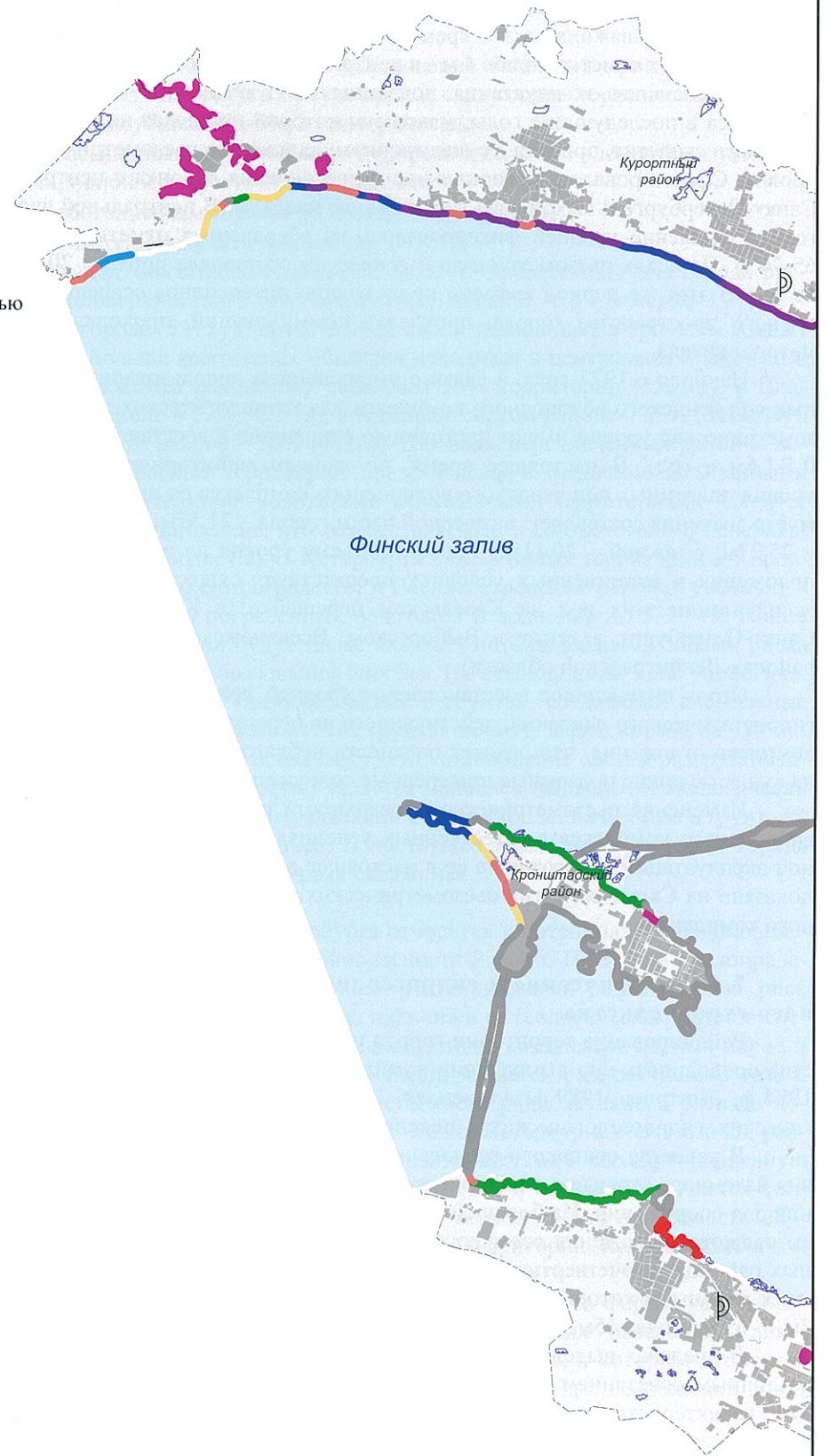


Фото 1. Абразия  
(Курортный район, пос. Репино)



Фото 2. Аккумуляция (Курортный район, пос. Солнечное – г. Сестрорецк)



Фото 3. Аккумуляция с зарастанием ПБС водной растительностью (северный берег Невской губы к востоку от о-ва Верперлуда)



Фото 4. Техногенные преобразования (берегозащитные сооружения м.Дубовской)



Фото 5. Дефляция (Курортный район, пос. Комарово - мыс Лисий Нос)



Фото 6. Речная (боковая) эрозия (Фрунзенский район, р. Волковка)



Фото 7. Овраг  
(г. Красное Село)



Фото 8. Оползень  
(пос. Александровка, р. Кузьминка)



Фото 9. Карстовая воронка  
(г. Красное Село)



Фото 10. Болото (Курортный район,  
окрестности г. Сестрорецка)

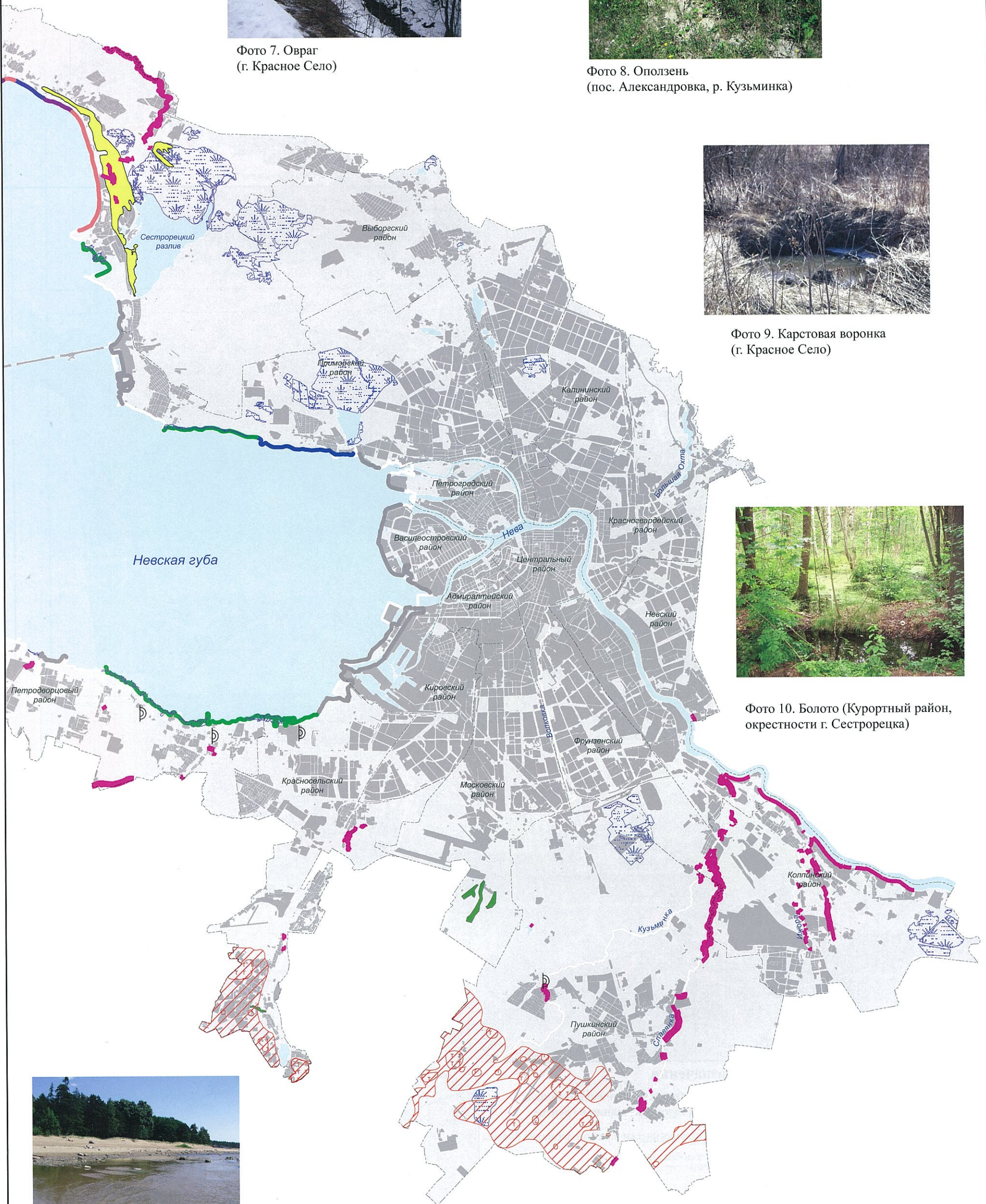
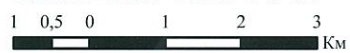


Фото 11. Абразионно-аккумулятивные процессы  
береговой зоны (Курортный район, пос. Комарово)

# Схема проявления биогазов

Масштаб 1:100 000



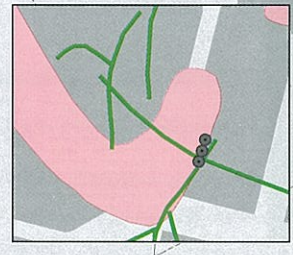
# Схема проявления подземных газов

Масштаб 1:1 000 000

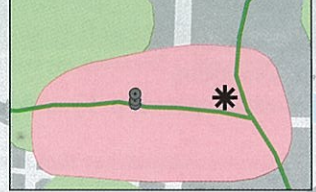
### Условные обозначения

- Зоны газообразования
- Области экологически опасного развития биогаза
- Зоны прогнозной радоноопасности:
  - Умеренно-опасная
  - Опасная
- Врезка: Схема проявления биогазов

Врезка 1  
Масштаб 1:20 000



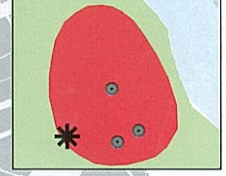
Врезка 2  
Масштаб 1:20 000



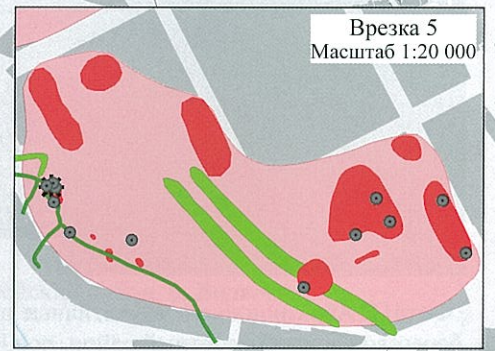
Врезка 3  
Масштаб 1:20 000



Врезка 4  
Масштаб 1:20 000



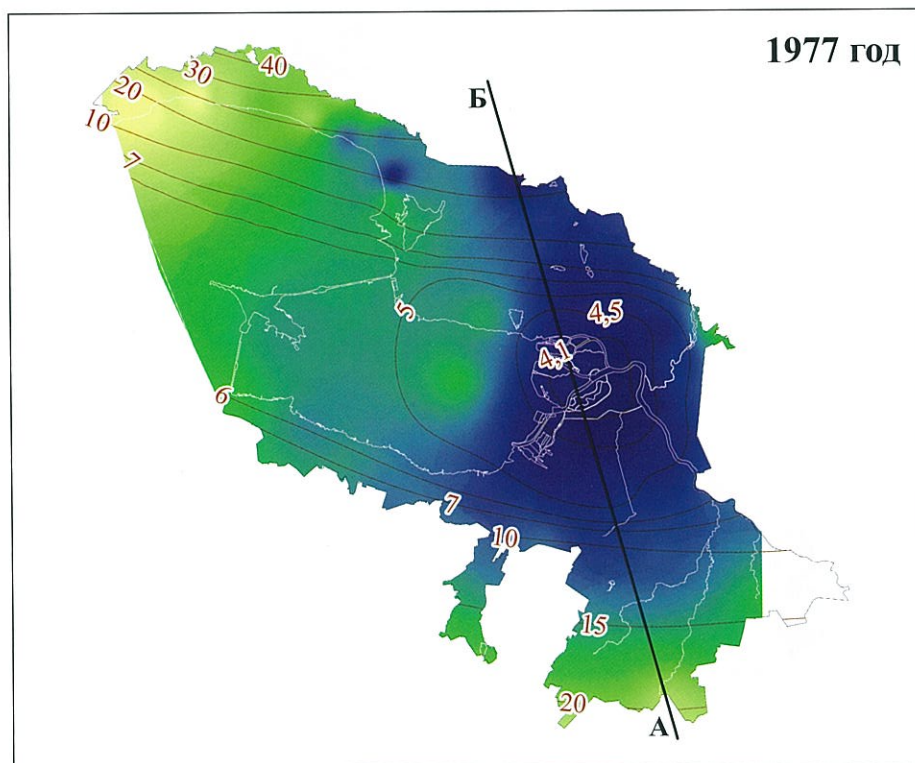
Врезка 5  
Масштаб 1:20 000



### Условные обозначения

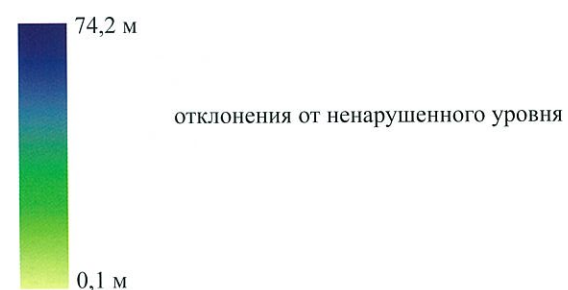
- |  |  |
|--|--|
| <p><b>Факторы газообразования</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: purple; border: 1px solid black;"></span> ликвидированные свалки</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: black; border: 1px solid black;"></span> площадь намыва золы</li> </ul> <p><b>Погребенные водные объекты</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> линейные</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> площадные</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: darkgreen; border: 1px solid black;"></span> засыпанная долина (только на врезках)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span> болота</li> </ul> | <p><b>Установленные экологически опасные объекты газообразования в грунтах</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> области экологически опасного развития биогаза</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> зоны газообразования</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> * очаги газо-грязевых выбросов</li> <li><span style="display: inline-block; width: 5px; height: 5px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> ● газоразгрузочные скважины (только на врезках)</li> </ul> |
|--|--|

## Схемы развития пьезометрических уровней вендского водоносного комплекса

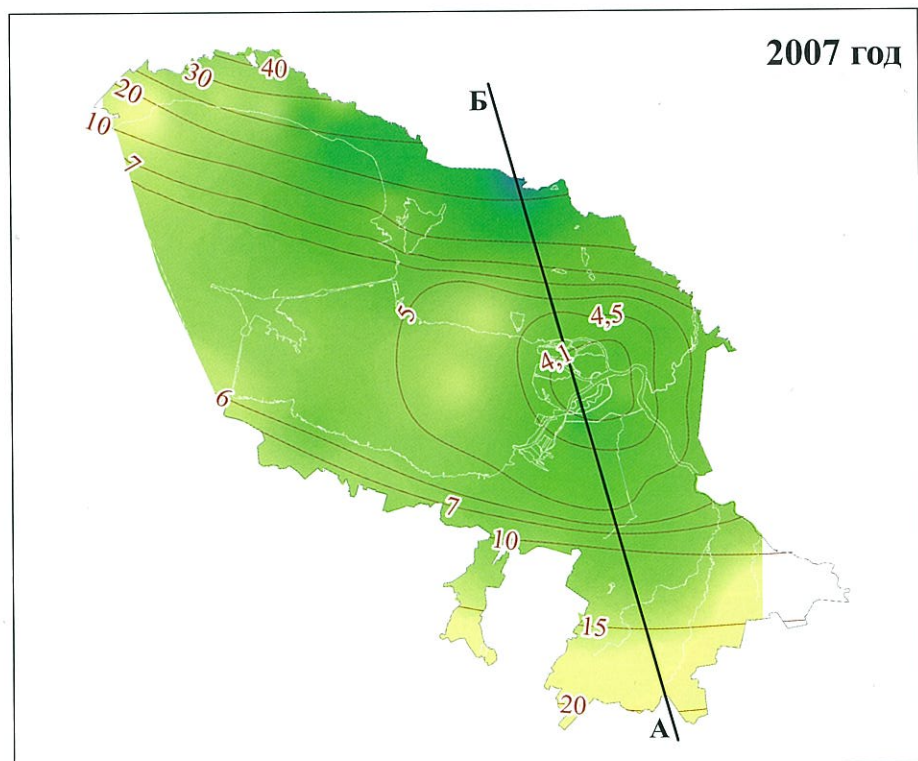


### Условные обозначения

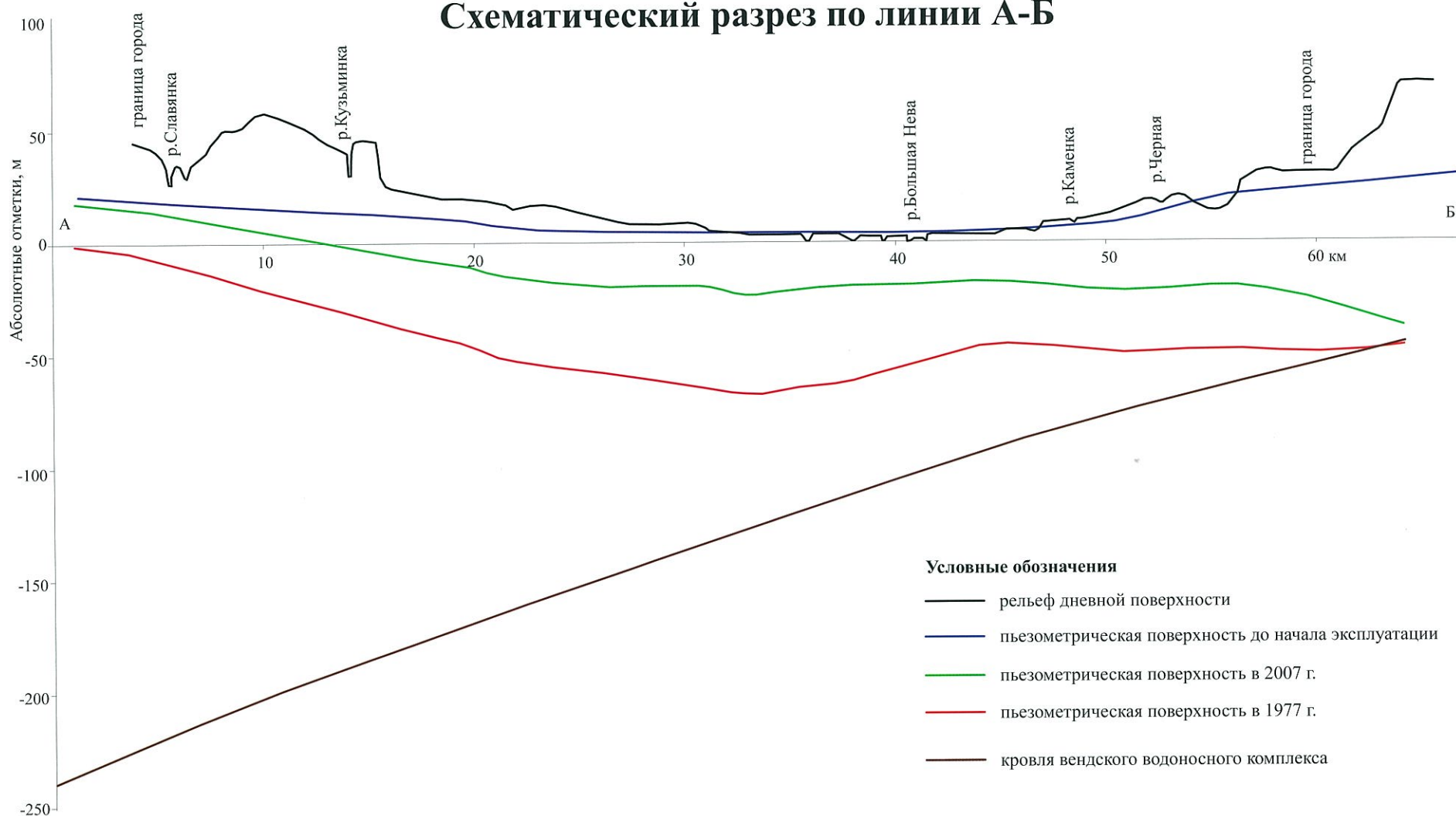
—30— изолинии абсолютных отметок ненарушенного пьезометрического уровня (до начала эксплуатации), м



А—Б линия разреза

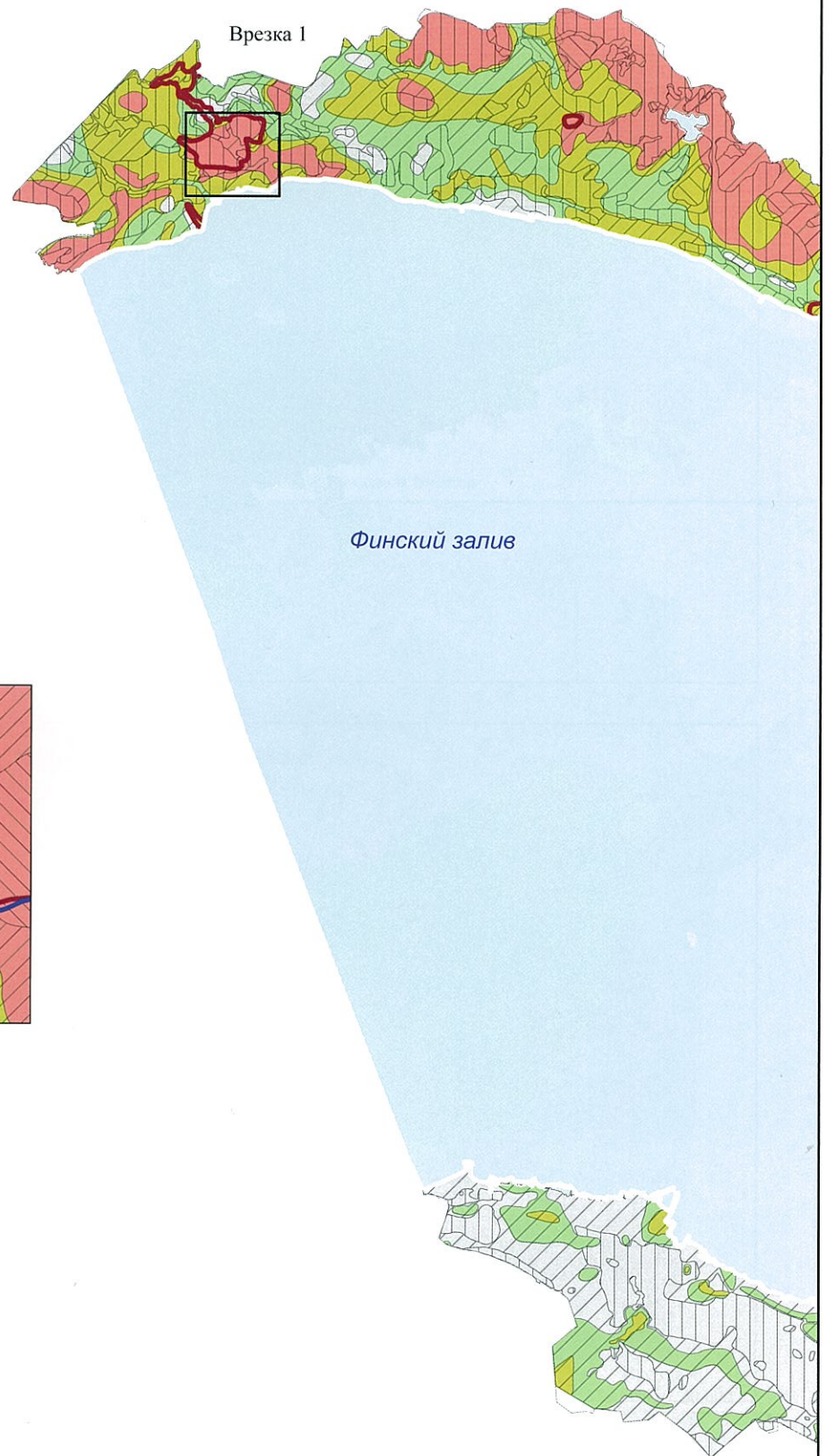
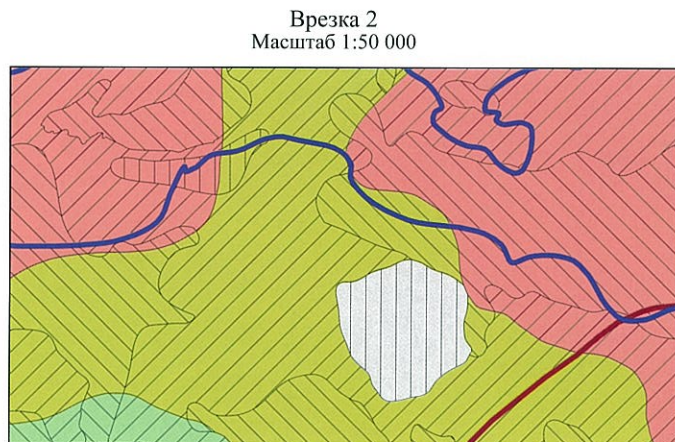
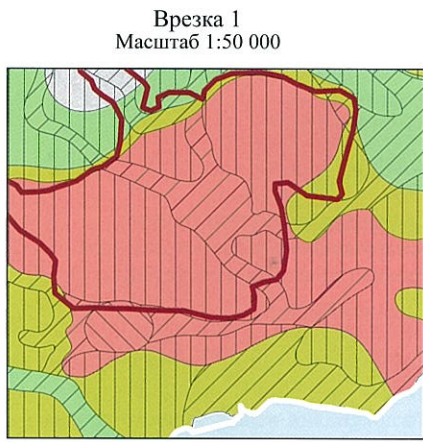


## Схематический разрез по линии А-Б



# Схема районирования по условиям наземного строительства

Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

### Районы

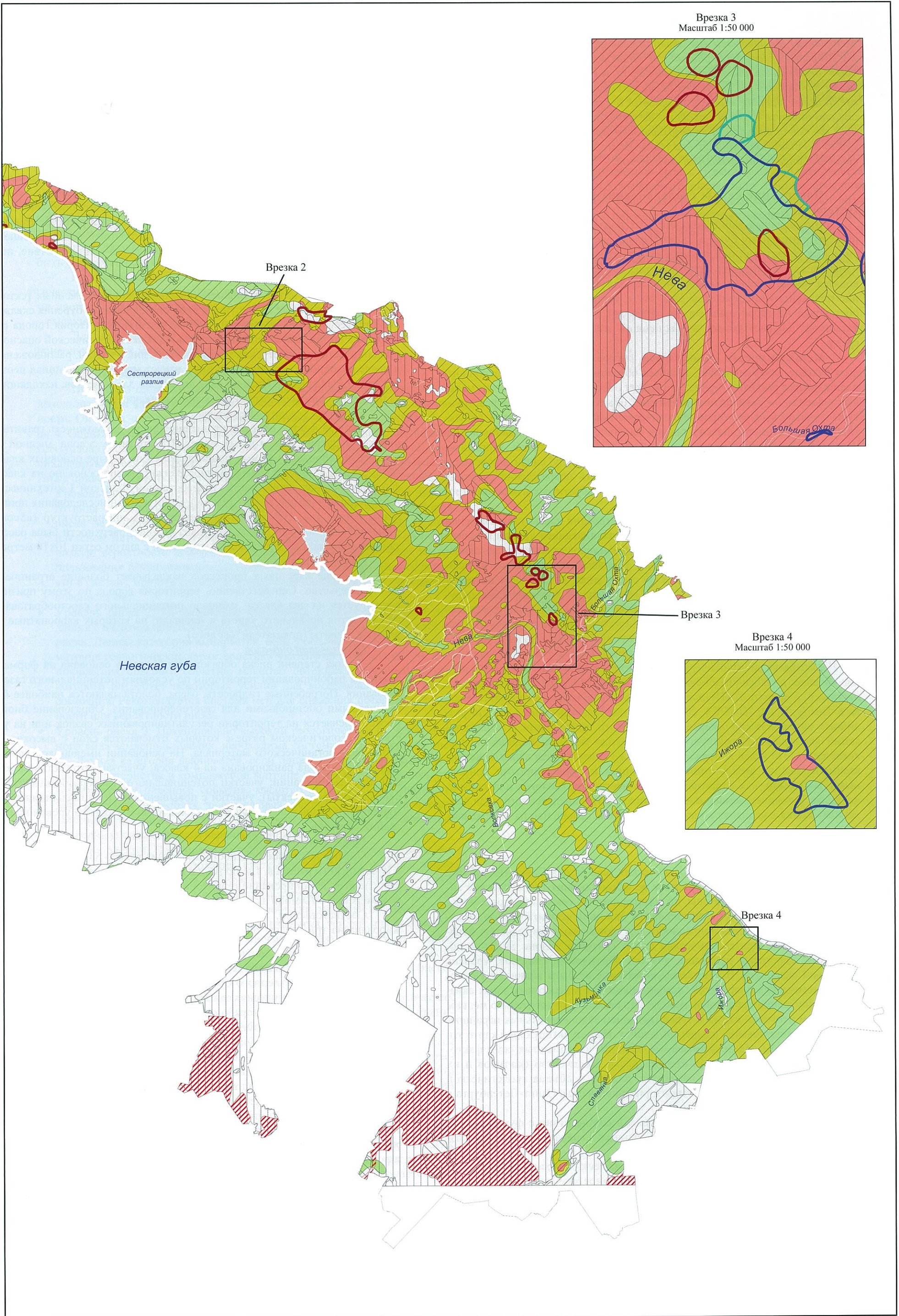
- I - Надежное основание залегает на глубине 0 - 2 м
- II - Надежное основание залегает на глубине 2 - 7 м
- III - Надежное основание залегает на глубине 7 - 15 м
- IV - Надежное основание залегает на глубине более 15 м

### Подрайоны

- Подрайон IA. Несущий слой на поверхности или перекрыт минеральными отложениями мощностью 0-2 м. Грунтовые воды или отсутствуют, или залегают ниже 1 м. Напор верхнего межморенного горизонта - менее половины мощности водоупора. Мощность разделяющего водоупора >5 м
- Подрайон IB. Несущий слой перекрыт малоуплотненными глинистыми отложениями или малоуплотненными обводненными песками. Грунтовые воды располагаются вблизи дневной поверхности на глубине до 1 м. Мощность осташковской морены менее 5 м
- Подрайон IB. С поверхности развит торф >0.5 м. Несущий слой перекрыт малоуплотненными глинистыми отложениями или малоуплотненными обводненными песками. Грунтовые воды располагаются вблизи дневной поверхности на глубине до 1 м. Мощность осташковской морены <5 м
- Подрайон ПА. Надежное основание перекрыто малоуплотненными пылеватыми песками или слабыми глинистыми отложениями мощностью 2 - 7 м. Уровень грунтовых вод находится ниже 1 м. Плотные пески надежного основания имеют мощность >5 м
- Подрайон ПБ. Надежное основание перекрыто слабыми глинистыми отложениями мощностью 2 - 7 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод менее 1 м. Возможен местный подпор в грунтовых водах
- Подрайон ПВ. С поверхности развит торф мощностью более 0.5 м. Надежное основание перекрыто слабыми глинистыми отложениями мощностью 2 - 7 м. Уровень грунтовых вод у поверхности
- Подрайон ПГА. Надежное основание перекрыто малоуплотненными пылеватыми песками или слабыми глинистыми отложениями мощностью 7 - 15 м. Уровень грунтовых вод находится ниже 1 м. Плотные пески надежного основания имеют мощность более 5 м
- Подрайон ПГБ. Надежное основание перекрыто слабыми глинистыми отложениями мощностью 7 - 15 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод <1 м. Возможен местный подпор в грунтовых водах, когда с поверхности - суглинки среднеуплотненные
- Подрайон ПГВ. С поверхности развит торф мощностью более 0.5 м. Надежное основание перекрыто слабыми глинистыми отложениями мощностью 7 - 15 м. Уровень грунтовых вод у поверхности
- Подрайон IVA. Надежное основание перекрыто глинистыми отложениями, мелкими и пылеватыми малоуплотненными песками. Грунтовые воды на глубине свыше 1 м. Плотные пески надежного основания имеют мощность более 5 м
- Подрайон IVБ. Надежное основание перекрыто толщей обводненных глинистых отложений или переслаивания песков с глинистыми отложениями. Уровень грунтовых вод залегает на глубине менее 1 м. В грунтовых водах возможен местный подпор
- Подрайон IVВ. Характерно наличие торфа мощностью >0.5 м с поверхности или в разрезе в виде линз и прослоев до 0.5 м, а также гумусированных и заторфованных пород. Намывные или насыпные отложения переводят поверхностный торф в погребенное состояние

### Площади

- Площади гидравлической связи верхнего межморенного водоносного горизонта с грунтовыми водами
- Территория развития коренных полускальных пород подверженных карстообразованию
- Площади с угрозой прорыва напорных вод при проходке котлованов глубиной более 2 м (показаны только на врезках)
- Площади возможного стояния пьезометрического уровня верхнего межморенного водоносного горизонта выше дневной поверхности (показаны только на врезках)



## 8. Интегральная оценка геологических рисков

*Methodology for integrated assessment of geological risks is aimed at addressing problems of long-term planning of urban development. It allows making better decisions on planning construction of various infrastructure facilities taking into account all the factors of the geological structure of the areas. Its use in urban planning will help to optimize the cost of the development of the city and minimize negative impact on the geological environment that will reduce the risk of pollution of underground hydrosphere, the probability of damage to neighbouring buildings and constructions, as well as any kind of irreversible changes in the geological environment.*

### Построение карты геологических рисков по Санкт-Петербургу

Интенсивный экономический рост последних лет привел к настоящему строительному буму в Санкт-Петербурге. Одновременно с освоением новых территорий под жилые и промышленные кварталы существенно изменился и сам характер строительства: увеличилась высота зданий, возводятся новые высокотехнологичные конструкции, идет активное освоение подземного пространства. Все это, с учетом сложной геологической обстановки на территории города, приводит к росту риска техногенных катастроф, обусловленных возрастающей нагрузкой на геологическую среду.

Методика оценки геологических рисков, представленная в настоящем разделе, ориентирована, главным образом, на задачи долгосрочного планирования развития города, что может обеспечить принятие оптимальных решений по размещению различных объектов городской инфраструктуры с учетом всех факторов геологического строения территории. Объективная оценка геологических рисков на этапе городского планирования позволит уменьшить совокупные затраты на развитие города, минимизировать негативное воздействие на геологическую среду, снизить опасность загрязнения подземной гидросферы, вероятность повреждения соседних зданий и конструкций, а также любых видов необратимых изменений геологической среды на территории города.

В основе предлагаемой методики построения карты геологических рисков лежит формирование матрицы, устанавливающей уровни геологических рисков для комбинаций всех видов землепользования и геологических характеристик территории города. Подобная матрица была предложена Л.Б.Леопольдом (Leopold, 1971) для оценки воздействия на окружающую среду. Она базировалась на комбинациях характеристик окружающей среды и возможных воздействиях на них. Как характеристики, так и воздействия были сгруппированы, а каждая группа разделена на несколько категорий. В матрице Леопольда описывался результат определенного воздействия на определенные характеристики окружающей среды. Несмотря на другую сферу применения, матрица геологических рисков обладает аналогичными свойствами. Подобный подход был применен, например, в проекте UNDP для подготовки плана городского строительства в Тимпу, Бутан (DUDES, 2004), здесь оценивалась совместимость различных видов землепользования с основными природными и экологическими факторами. Характерной особенностью матрицы подобного типа является то, что в ней содержится не только качественная характеристика взаимоотношения между землепользованием и существенными природными факторами, как например, рельеф местности, геология или климат, но также и количественная оценка пригодности определенного вида землепользования в условиях конкретной крутизны склона или на конкретных четвертичных отложениях и т.п.

### Методика

Комплексная матрица геологических рисков для Санкт-Петербурга приведена в таблице 8.1. В процессе ее формирования геологические характеристики были разделены по категориям на семь самостоятельных групп, каждая из которых отвечает за тот или иной частный фактор геологического риска: степень пригодности для наземного строительства; влияние палеодолин; неотектонические зоны; крутизна склона дневной поверхности; карстовые процессы; участки образования биогазов; уровень радоновой опасности. В комплексную матрицу не была включена категория геологических опасностей, активно развитых в береговых зонах акватории и внутренних водотоков города. Это связано с относительно мелким масштабом итоговой карты и существованием законодательных ограничений на землепользование в береговых зонах. На результирующей карте эти области показаны как неопределяемые. Каждый из указанных семи факторов был классифицирован по степени риска. Количество факторов и их классификация определены, исходя из состава и объема геологической информации, содержащейся в территориальном фонде Санкт-Петербурга в цифровом виде.

Вид землепользования определялся в соответствии с функциональным зонированием территории, определенным Генеральным планом развития Санкт-Петербурга.

Для каждой комбинации класса геологических характеристик и вида землепользования определялось частное условное значение в диапазоне 1-4, характеризующее потенциал риска конкретного фактора в конкретных условиях. Методика определения этих значений описана ниже.

### Классификация факторов геологических рисков

#### Пригодность для наземного строительства

Степень пригодности геологической среды для наземного строительства ранжирована на двенадцать классов, исходя из инженерно-геологических свойств пород, развитых на той или иной территории. Ос-

новные критерии ранжирования - глубина залегания надежного основания, уровень грунтовых вод и тип почвы на поверхности. Оценка надежности основания под наземное строительство проводилась по результатам анализа фильтрационных и механических свойств геологических подразделений в разрезе четвертичных отложений. Самым верхним стратиграфическим подразделением, рассматриваемым в качестве надежного основания для наземного строительства, является слой осташковской морены.

#### Влияние палеодолин

Палеодолины представляют собой участки резкого понижения дочетвертичного рельефа, отражающие, в большинстве случаев, древнюю погребенную речную сеть. Границы палеодолин установлены по линии, соответствующей максимальному градиенту погружения поверхности дочетвертичного рельефа. Наличие палеодолин на территории строительства является крайне неблагоприятным фактором, поэтому ранжирование по этому признаку предполагает только два класса (да – присутствие, нет – отсутствие).

#### Неотектонические зоны

Неотектоническая активность локализована в современных тектонических зонах, которые картируются либо по результатам бурения скважин, либо по геофизическим данным. Соответственно, территория города ранжирована на три класса. Наивысший ранг для неотектонической опасности придан участкам пересечения тектонических зон. Участки, расположенные в пределах одной тектонической зоны, имеют меньший потенциал неотектонической опасности. Низший ранг определен для участков, находящихся за пределами влияния современных тектонических зон.

#### Крутизна склона поверхности

Данный фактор определяет потенциальную возможность гравитационного смещения масс горных пород. По крутизне склона дневной поверхности территория города подразделяется на четыре основных класса: <5%, 5-15%, 15-30% и >30%. Данное ранжирование основано на классификации уклонов поверхности, разработанной Финской Геотехнической Ассоциацией в рамках пакета рекомендаций в части исследования пригодности почвы для муниципальных технических инфраструктур («*Suomen geoteknillinen yhdistys*», 1992). Крутизна склона поверхности была рассчитана по цифровой модели рельефа местности с шагом сетки 10x10 метров.

#### Карстовые процессы

Развитие карстовых процессов накладывает большие ограничения на строительство. Соответственно, территория города по этому признаку ранжируется на два класса: площади потенциального карстообразования или развития локального карста и площади, на которых карбонатные породы не развиты (показатели «да/нет»).

#### Образования биогазов

Оценка степени риска образования биогазов основана на формализованном районировании территории по условиям потенциального газообразования. Погребенные гидросеть, озера, болота являются наиболее благоприятными обстановками для газогенерирования. Образование биогаза также отмечается на территории рекультивированных свалок или на участках, в геологическом разрезе которых отмечаются слои с высоким содержанием органического материала. На основании имеющихся данных, территория города ранжирована на 4 класса: участки с отсутствием условий для газогенерации; участки потенциального газообразования (погребенные водные объекты); участки с повышенными и аномальными содержаниями биогазов в почве; участки экологически опасного уровня концентраций биогазов.

#### Радоновая опасность

Оценка радоновой опасности проведена только для Красносельского и Пушкинского районов, где проявлен горизонт ураноносных диктионемовых сланцев. Районирование территорий этих районов выполнено на основе измерений объемной активности радона в почвах.

Соответственно, территория по уровню радоновой опасности ранжирована на три класса: опасность отсутствует, умеренно опасная зона и опасная зона.

### Карта комплексного геологического риска

Для пространственного отображения комплексного взаимодействия всех факторов геологических рисков с видами землепользования, была использована методика, разработанная в ходе реализации в 2003-2005 гг. Геологической Службой Финляндии проекта «*KallioINFO-project*», инициатором которого стало Финское агентство по привлечению инвестиций для технологических и инновационных проектов. В рамках указанного проекта проводилась оценка соответствия конкретной местности строительным требованиям. При этом в интегральной карте соответствия учитывались лишь три геологические характеристики: тип почвы, глубина залегания водоносного горизонта и крутизна склона.

В случае Санкт-Петербурга задача была существенно осложнена необходимостью интеграции семи факторов риска. Совместный анализ факторов геологического риска и информации о видах землепользования осуществлялся с применением технологии геоинформационных систем. Все картографические наборы данных, характеризующие территорию города, были преобразованы в растровый формат с размером ячейки 50x50 метров. Каждой ячейке были присвоены геологические характеристики в соответствии с их классификацией, а также соответствующий вид землепользования. На следующем этапе, для каждой ячейки были определены 7 частных значений риска в соответствии с матрицей геологических рисков.

Комплексный показатель геологического риска определялся по формуле:



*Комплексный геологический риск = строительные ограничения \* 1 000 000 + влияние палеодолин \* 100 000 + неотектонические зоны \* 10 000 + крутизна склона поверхности \* 1 000 + карстовые процессы \* 100 + участки образования биогаза \* 10 + уровень радоновой опасности*

В соответствии с приведенным выражением был построен интегрированный растр, каждая ячейка которого содержит значение от 0000000 до 4444444. Первая слева цифра характеризует пригодность для наземного строительства в контексте той или иной формы землепользования, вторая – влияние палеодолин, третья – неотектонические зоны, четвертая – крутизну склона поверхности, пятая – карстовые процессы, шестая – участки образования биогаза, а седьмая – уровень радоновой опасности.

За величину комплексного геологического риска в каждой ячейке принимается максимальное значение среди семи частных параметров. Таким образом, если в ячейке растра имеется хотя бы одна характеристика со значением 4, это означает, что в данном месте имеется потенциально высокий риск для выбранного вида землепользования и обязательно должна быть обеспечена система учета факторов риска.

На комплексной карте геологического риска отражен уровень геологических опасностей (потенциал риска), показанный четырьмя различными цветами. Красный указывает на очень высокий потенциал, оранжевый – высокий, желтый – умеренный, а зеленый – низкий потенциал.

Для анализа структуры комплексного геологического риска в Атласе приводятся также карты семи частных рисков.

### Оценка геологического риска

Потенциал геологического риска оценивается для каждого типа землепользования и каждого класса факторов геологического риска в отдельности. Он имеет четыре уровня и определяется в условных величинах от 1 до 4. Оценка уровней риска осуществляется на основе экспертной оценки. Для условий Санкт-Петербурга оценку выполняли четыре эксперта, специализирующиеся в вопросах геологии и планирования землепользования. Ниже приводится краткая характеристика каждого из четырех уровней.

- **Уровень риска 1:** Потенциально низкий геологический риск для данного вида землепользования, необходимости в системе учета факторов риска нет. Данная категория выбирается, если учитываемые в комплексной матрице геологические характеристики указывают на очень низкую вероятность опасности и ожидаемые при данном виде землепользования потенциальные последствия незначительны. Необходимости в системе мер для снижения потенциала опасности или вероятности опасности нет.
- **Уровень риска 2:** Потенциально умеренный геологический риск для данного вида землепользования, рекомендуется система учета факторов риска. Данная категория выбирается, если учитываемые в комплексной матрице геологические характеристики указывают на возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует некоторых усилий для восстановления прежнего состояния. Рекомендуется система мер для снижения потенциала опасности или вероятности риска.
- **Уровень риска 3:** Потенциально высокий геологический риск для данного вида землепользования, необходима система учета факторов риска. Данная категория выбирается, если одна или несколько геологических характеристик в комплексной матрице указывают на возможность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Следует рассмотреть систему мер для снижения потенциала опасности или вероятности риска.
- **Уровень риска 4:** Потенциально очень высокий геологический риск для данного вида землепользования, система учета факторов риска обязательна. Данная категория выбирается, если одна или несколько геологических характеристик в комплексной матрице указывают на высокую вероятность возникновения опасного события, масштаб потенциальных последствий которого потребует значительных усилий для восстановления прежнего состояния. Во многих случаях прежнее состояние можно восстановить лишь частично. Следует обеспечить всестороннюю систему мер снижения потенциала ущерба или вероятности риска.

При интерпретации результатов интегральной оценки геологических рисков, полученной с помощью описанной методики, необходимо принимать во внимание следующие ее особенности.

Применение для характеристики риска описанной выше системы условных значений обусловлено тем, что оценка в абсолютных и измеряемых величинах требует специальных исследований в каждом конкретном случае. При этом появляется необходимость учета детальной информации об условиях строительства и типах возводимых или планируемых к возведению на конкретном участке строений. Для некоторых территорий массового строительства, обозначенных на карте высоким уровнем риска, возможно, уже был проведен комплекс мероприятий по их учету. В таких случаях показанный на карте уровень можно рассматривать, как рекомендацию по организации мониторинга геологической среды в процессе эксплуатации.

В описанной методике риски рассматриваются как потенциальные, поскольку матрица рисков описывает только предпосылки для их возникновения. Таким образом, значение фактора геологического риска, присвоенного конкретной территории, характеризует предпосылки, способствующие возникновению того или иного типа опасности на ней, однако не может рассматриваться, как оценка вероятности возникновения опасного события (например, частота подъема уровня грунтовых вод, или скорость развития карста и т.д.).

С другой стороны, существующие виды землепользования не определяют непосредственный потенциальный ущерб при возникновении опасного события (возможное число пострадавших, стоимость материальных потерь). Они указывают на предпосылки, способствующие увеличению этого ущерба: концентрация людей в новых жилых массивах, строительство дорогостоящих сооружений или элементов жизненно важной инфраструктуры. При этом для решения потенциальных проблем, связанных с рисками, требуются специальные исследования.

Описанная методика пространственного анализа семи факторов геологических рисков в комплексе с условиями наземного строительства является первым опытом оценки соответствия перспектив городского развития условиям геологической среды. В данном случае при расчете величины комплексного геологического риска было принято предположение о равнозначности всех семи факторов. Однако методика дает возможность использовать, при необходимости, систему весовых коэффициентов, позволяющую подчеркнуть вклад каждого фактора. В частности, возможно также применение среднего значения по всем характеристикам (с равными весами), что, однако, может привести к сглаживанию величины комплексного риска и исчезновению отдельных существенных локально высоких значений.

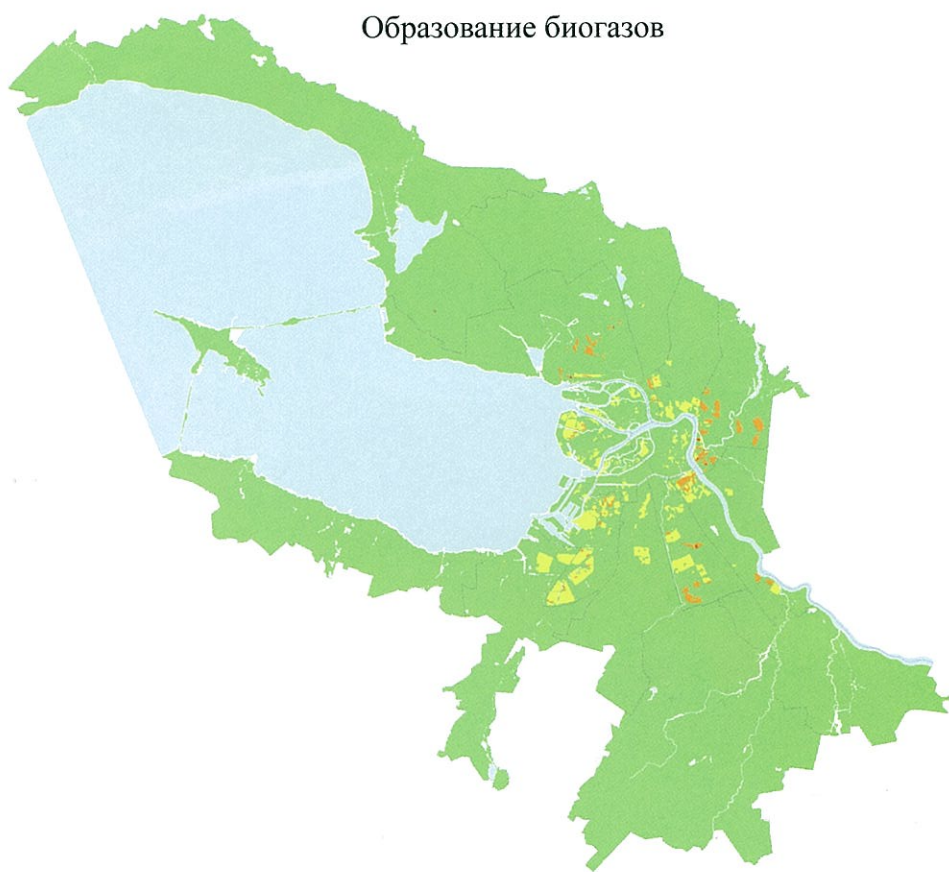
Таблица 8.1 Комплексная матрица геологических рисков

Потенциальный геологический риск		Факторы геологического риска													Образование биогазов		Радионвая опасность									
		Пригодность для наземного строительства						Палеодолыны			Неотектоника			Уклон поверхности			Карстовые процессы		Условия	Уровень опасности						
1		Ia	Ib	Iv	IIa	IIb	IIc	IIIa	IIIb	IIIc	IVa	IVb	IVc	IVv	Наличие палеодолыны	Наличие неотектонических зон	Уклон	Порода	Образование биогаза не отмечено	Погребенная гидросеть (потенциально опасные)	Зоны, рекомендованные для детальных исследований (потенциально опасные)	Выявленные зоны экологически опасного образования биогаза	Безопасный	Умеренно опасный	Опасный	
Потенциально низкий геологический риск для данного вида использования территории, меры по управлению рисками не требуются.		1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Потенциально умеренный геологический риск для данного вида использования территории, рекомендуются мероприятия по управлению рисками.		1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Потенциально высокий геологический риск для данного вида использования территории, требуются меры по управлению рисками.		1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Потенциально очень высокий геологический риск для данного вида использования территории, меры по управлению рисками обязательны.		1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Зоны инженерной и транспортной инфраструктур	Объекты воздушного транспорта	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Магистраль городского и районного значения	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Общественно-деловые зоны	Объекты инженерной и транспортной инфраструктуры	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Объекты водного транспорта	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Жилые зоны	Объекты железнодорожного транспорта	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Объекты железнодорожных станций	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Производственные зоны	Общественно-деловая застройка	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Мультифункциональная общественно-деловая застройка	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Рекреационные зоны	Мультифункциональная общественно-деловая застройка	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Мультифункциональная общественно-деловая застройка	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Функциональное зонирование территории	Объекты здравоохранения, культуры, образования, научные и религиозные центры	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Многоквартирные дома до 4 этажей	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Неиспользуемые земли	Многоквартирные дома более 5 этажей	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Многоквартирные дома сплошной застройки	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Зоны сельскохозяйственного использования	Индивидуальные жилые дома	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Коллективные садоводства	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Зоны специального назначения	Предприятия 2-3 класса опасности (сан. зона 500 и 300м)	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Предприятия 4-5 класса опасности (сан. зона 100 и 50м)	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Дорожная сеть	Леса и лесопарки	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Зеленые насаждения общего пользования	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Неиспользуемые земли	Открытые спортивные площадки и пляжи	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Зеленые насаждения неопределенного назначения	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Зоны сельскохозяйственного использования	Зеленые насаждения неопределенного назначения	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Сельскохозяйственные земли	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Зоны специального назначения	Зона огородов с площадью более 1 га	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Парники и питомники	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Дорожная сеть	Кладбища и крематории	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Зоны размещения отходов производства и погребения	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Неиспользуемые земли	Улично-дорожная сеть	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1
	Неиспользуемые земли	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	3	3	3	1	1	1	2	1	1	1

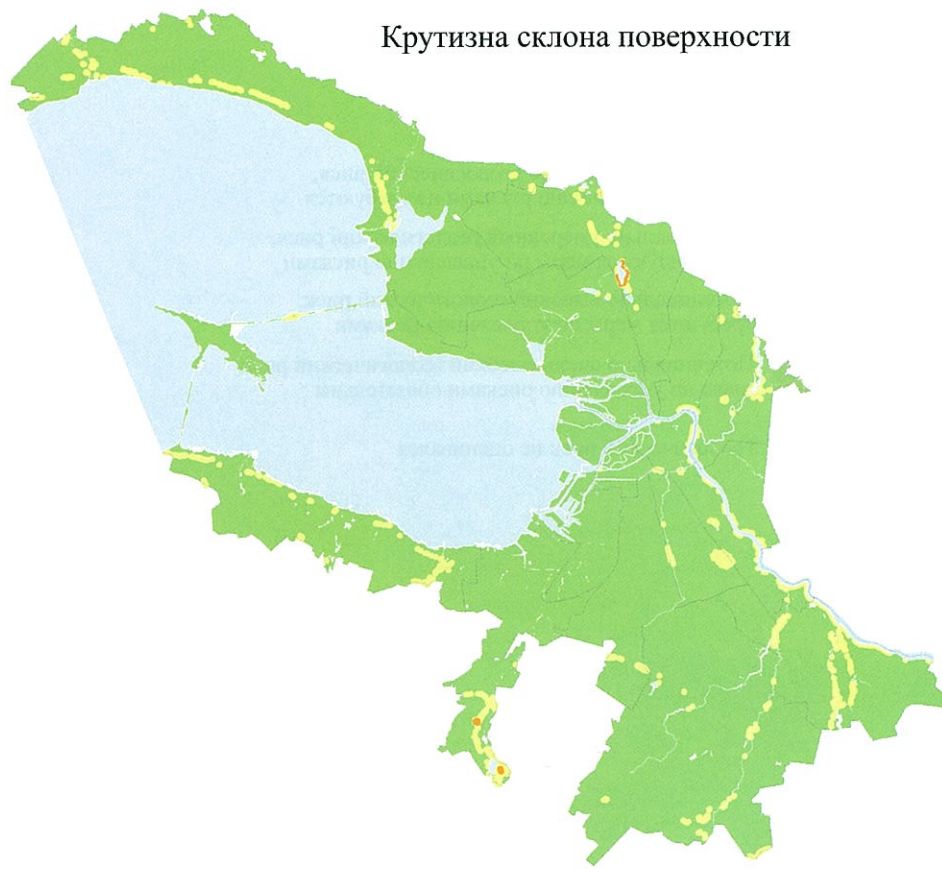
# Карты геологических рисков

Масштаб 1:600 000

Образование биогазов



Крутизна склона поверхности



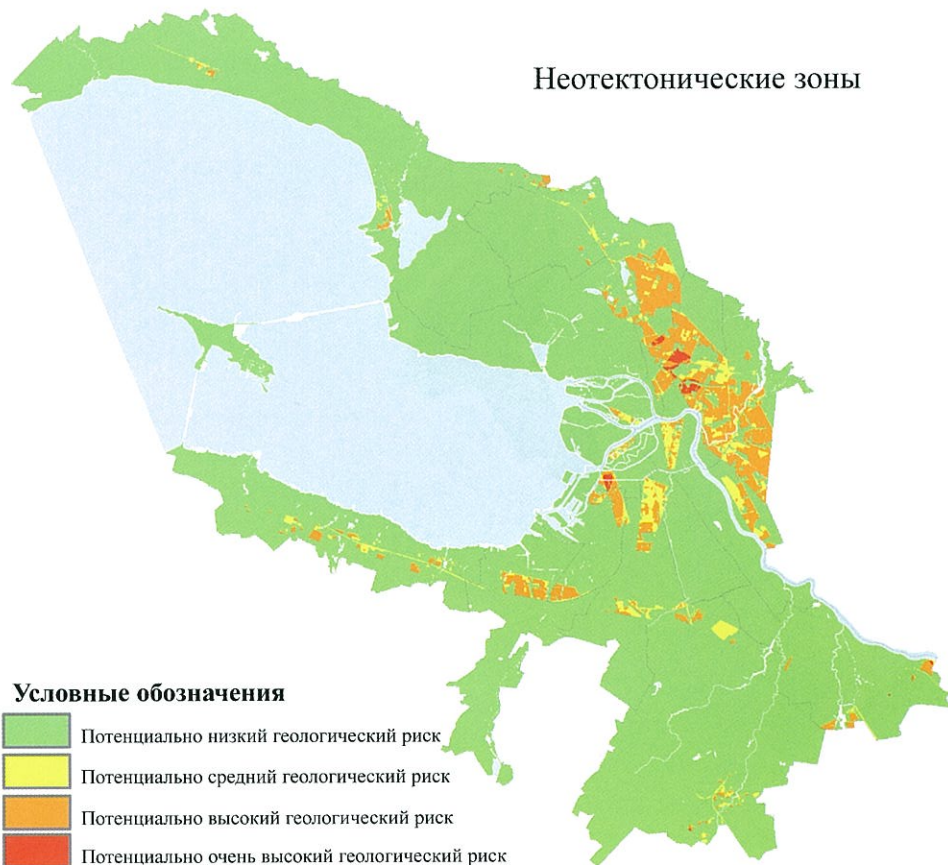
Влияние палеодолин



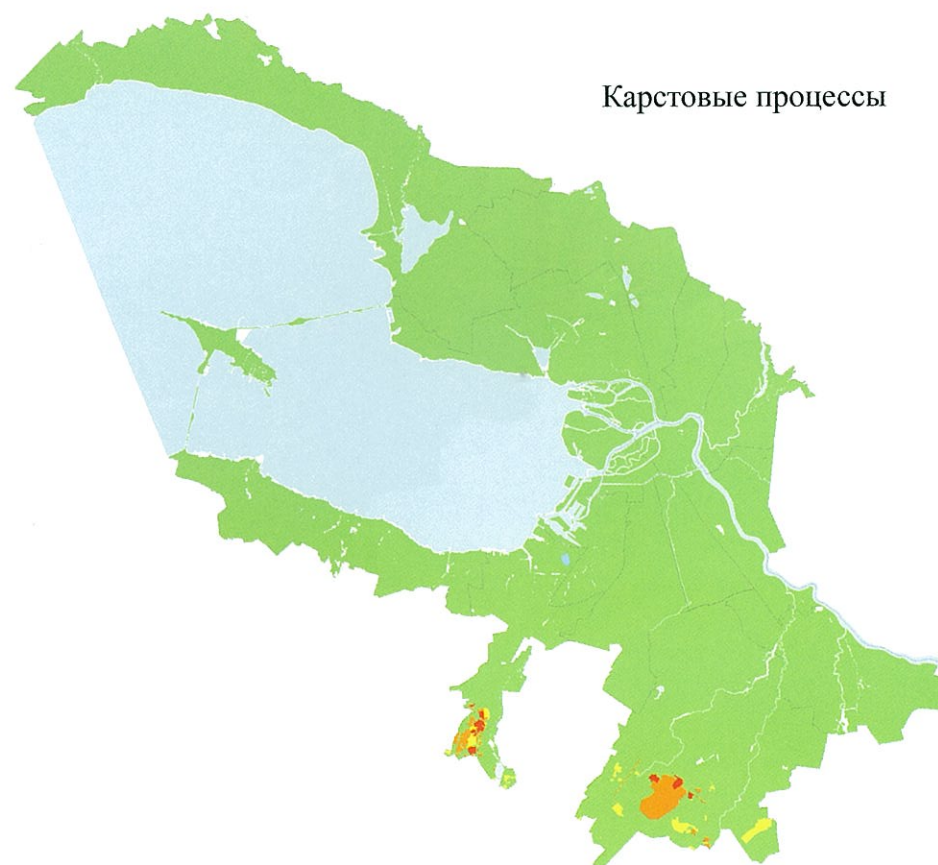
Уровень радоновой опасности



Неотектонические зоны



Карстовые процессы



## Условные обозначения






- Потенциально низкий геологический риск
- Потенциально средний геологический риск
- Потенциально высокий геологический риск
- Потенциально очень высокий геологический риск

# Карта рисков, обусловленных пригодностью территории для наземного строительства

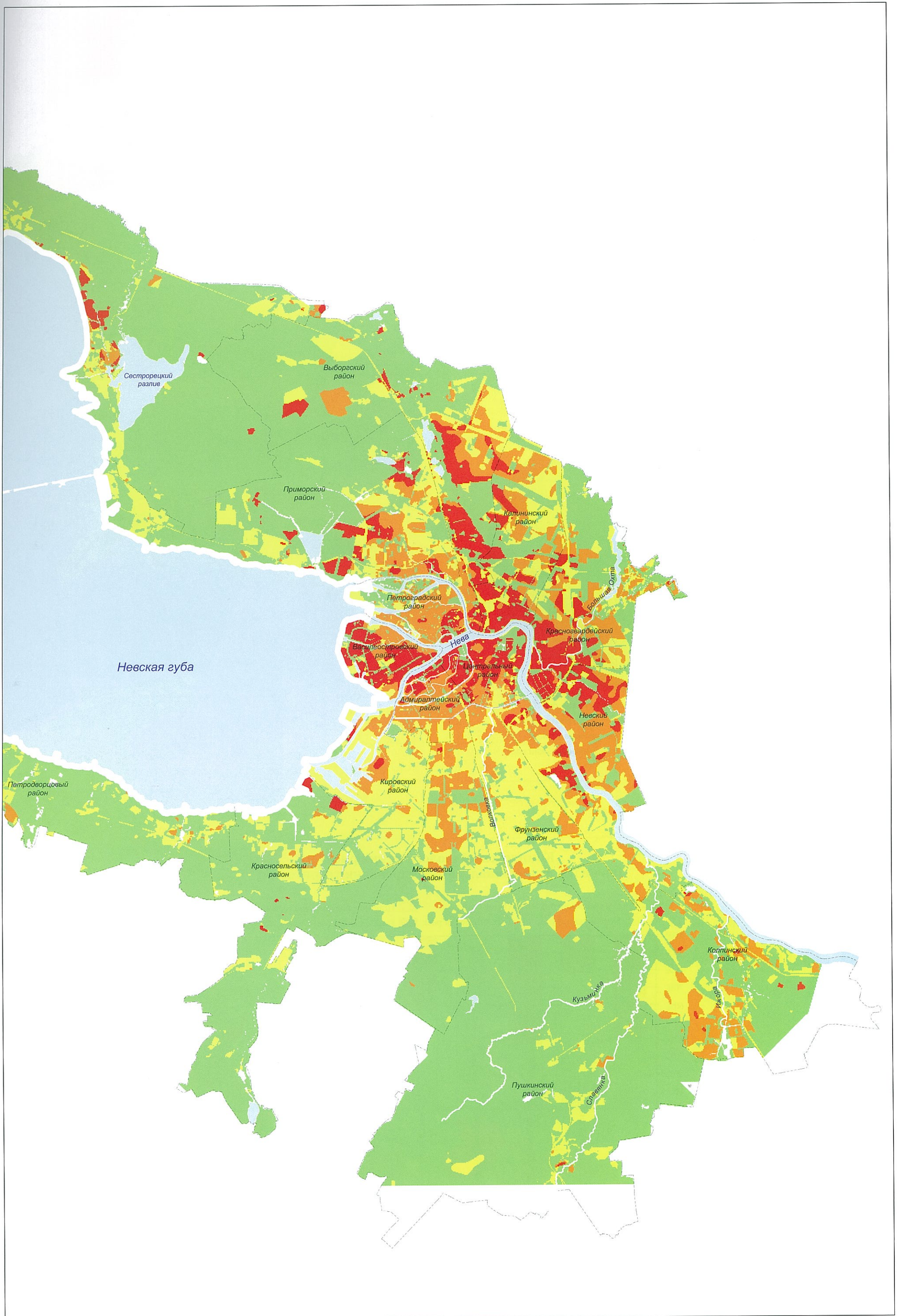
Масштаб 1:200 000



## Условные обозначения

-  Потенциально низкий геологический риск, меры по управлению рисками не требуются
-  Потенциально умеренный геологический риск, рекомендуются меры по управлению рисками
-  Потенциально высокий геологический риск, требуются меры по управлению рисками
-  Потенциально очень высокий геологический риск, меры по управлению рисками обязательны
-  Геологический риск не оценивался





# Карта комплексного геологического риска

Масштаб 1:200 000

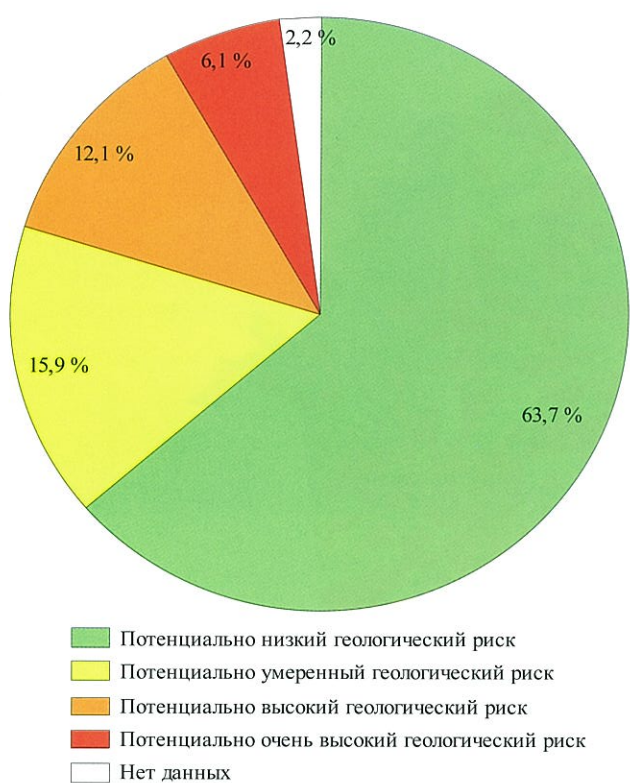


## Условные обозначения

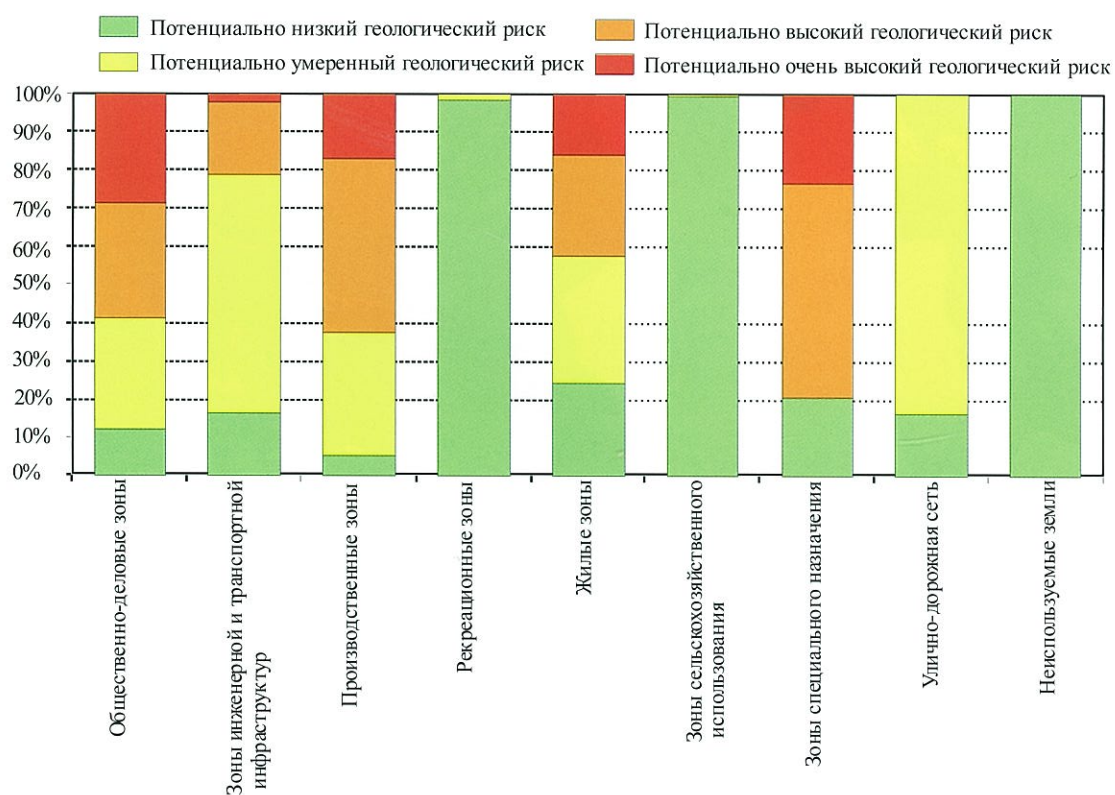
- Потенциально низкий геологический риск, меры по управлению рисками не требуются
- Потенциально умеренный геологический риск, рекомендуются меры по управлению рисками
- Потенциально высокий геологический риск, требуются меры по управлению рисками
- Потенциально очень высокий геологический риск, меры по управлению рисками обязательны
- Геологический риск не оценивался

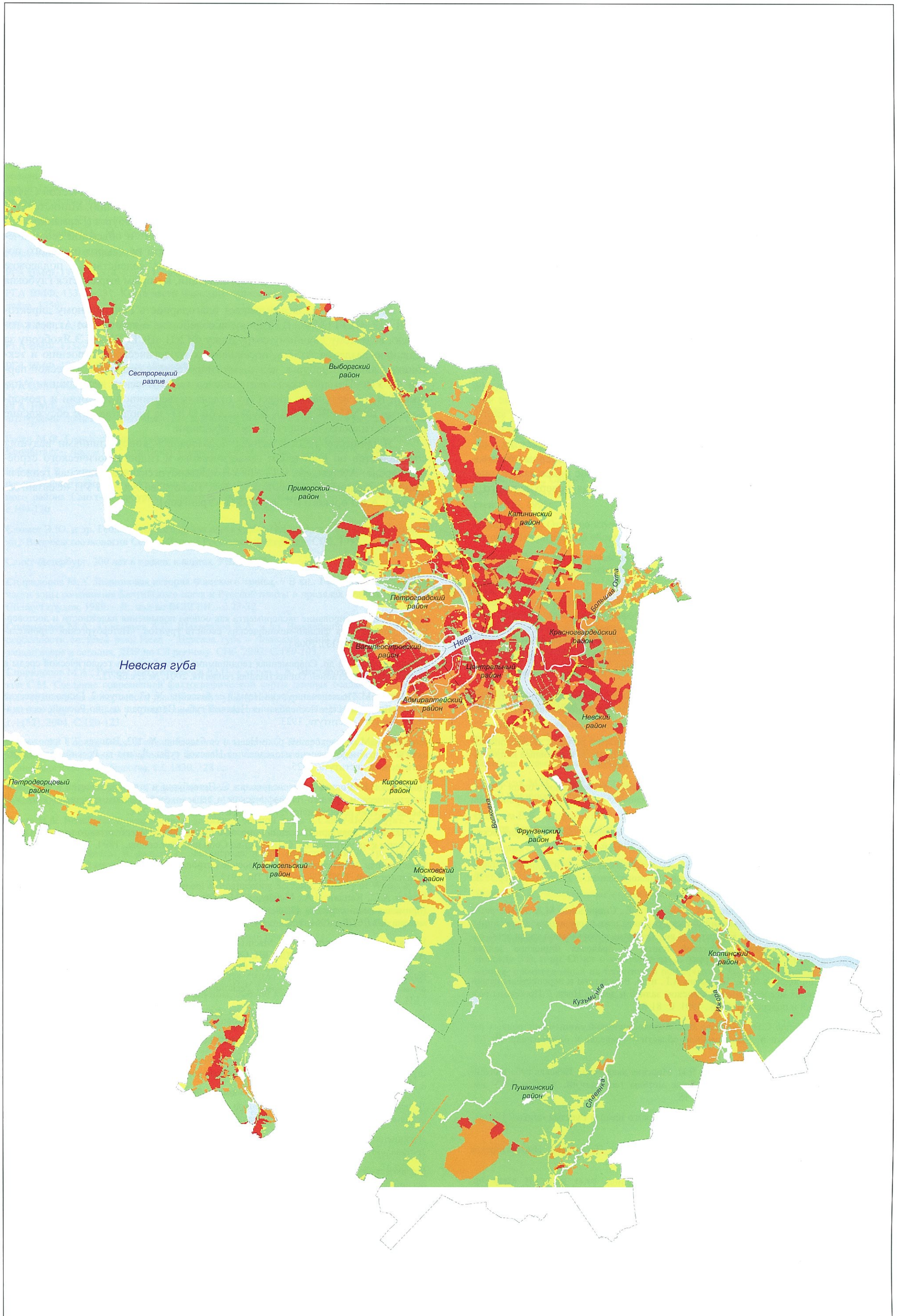


**Комплексный геологический риск в % по отношению к площади города**



**Комплексный геологический риск (по видам функционального зонирования территории)**





## Заключение

За долгие годы исследований территории, занимаемой в настоящее время Санкт-Петербургом, полученная геологическая информация, ни разу не получила сводного картографического обобщения. Существующие многочисленные и различные по целевой направленности разномасштабные и разновозрастные по времени исполнения геологические карты и специальные карты геологического содержания, как правило, отражают геологическую ситуацию либо для площадей регионального охвата, либо для небольших участков городской территории. Геологическое строение города прежде не рассматривалось как единая система, охватывающая приакваториальную сушу и дно прилегающих акваторий. Наконец, геологическая среда Санкт-Петербурга практически не рассматривалась с общих позиций, как источник и объект проявления различных геологических опасностей под влиянием поверхностных (экзогенных) и спровоцированных человеческой деятельностью (техногенных) процессов и явлений.

Таким образом, составление Геологического Атласа Санкт-Петербурга является первым шагом на пути преодоления объективно существующего отсутствия необходимых геологических сводок и обобщений. В Атласе в концентрированном виде рассмотрена и проанализирована история геологического изучения Санкт-Петербурга, начиная с XIX столетия и до наших дней, с иллюстрацией примеров различной картографической продукции. Выполнена картографическая сводка современных геологических данных, сопровождаемая пояснительными текстами, освещающая строение поверхностного и погребенного рельефа, рыхлых четвертичных отложений, литологии донных осадков, а также древнего (дочетвертичного) геологического субстрата. При этом на специальных картах отражены основные черты инженерной геологии и гидрогеологии города, сопровождаемые картографическим обобщением представлений о поверхностных (экзогенных) процессах и явлениях в геологической среде, часть которых относится к категории геологических опасностей. Кроме этого, в Атласе впервые отражается геологическая ситуация на дне акваторий, а что еще более важно, оценивается и анализируется геологический риск освоения поверхностного и подземного пространств Санкт-Петербурга.

Все перечисленное ориентировано на определение геологических основ эффективного и безопасного промышленного, транспортного, хозяйственного, рекреационного и селитебного использования городских площадей с учетом их расширения.

Геологический Атлас Санкт-Петербурга, представляя собой традиционную форму геологического картографического обобщения большого объема ранее полученных, в том числе опубликованных и рукописных (фондовых) данных различных организаций и авторов, одновременно содержит и принципиально новую, оригинальную информацию, представленную авторами-составителями.

При работе над Атласом был использован опыт Геологической Службой Финляндии, Правительства провинции Милана (Италия), Министерства городского развития и охраны окружающей среды Гамбурга (Германия).

Завершение в сжатые сроки столь сложной и объемной геологической картографической сводки, ориентированной на самого широкого потребителя, было возможно только при участии, содействии и поддержке многих заинтересованных лиц и организаций, которым выражается глубокая признательность.

Редколлегия Атласа выражает благодарность Генеральному директору ФГУП «ВСЕГЕИ» О.В.Петрову за содействие в подготовке Атласа к изданию, ведущему научному сотруднику ФГУП «ВСЕГЕИ» К.Э.Якобсону за редакцию разделов Атласа, посвященных геологическому строению и тектонике Санкт-Петербурга, ведущему гидрогеологу гидрогеологической партии ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция» Андреевой Н.Г. и ведущему инженеру отдела четвертичной геологии и геоморфологии ФГУП «ВСЕГЕИ» Журавлевой О.Ю. за плодотворное обсуждение вопросов гидрогеологической стратификации.

В процессе работы авторы пользовались консультациями ведущих специалистов по проблемам геологического и гидрогеологического строения города: Ауслендера В.Г. (ФГУП «Петербургская комплексная геологическая экспедиция»), Дверницкого Б.Г., Николаева А.С. (ФГУП «Севзапгеология»), А.В.Горького (РГЭЦ ФГУП «Урангео»).

## Литература

### Опубликованная

- Амантов А.В., Филиппов В.М. Геологическое строение платформенного чехла Финского залива. // В кн.: Геология субаквальной части зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты в пределах Финского залива. Сб.науч.трудов., 1989. – Л.: изд-во ВСЕГЕИ. – с.15-23.
- Амантов А.В., Жамойда В.А., Мануйлов С.Ф., Спиридонов М.А. и др. Компьютерный атлас «Геология и полезные ископаемые восточной части Финского залива». Региональная геология и металлогения, 2002, №15, стр. 120-132.
- Ауслендер В.Г. Погребенные древние долины Петербургского региона. Всероссийское совещание «Главнейшие итоги в изучении четвертичного периода и основные направления исследований в XXI веке». Тезисы докладов. СПб, 1998.
- Ауслендер В.Г. Современные представления о строении четвертичной толщи Санкт-Петербурга и его окрестностей// История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины, СПб, Наука, 1998, с.311-312.
- Баканова И.П., Спиридонова Е.А. О позднеледниковых озерных бассейнах Приневской впадины// История озер Северо-Запада, из-во ВГО, Л., 1967, с.107-113.
- Барков Л.К., Бурдаков А.В., Щербаков Е.М. Характеристика взвеси и процессы современного осадкообразования в восточной части Финского залива. // Вест. ЛГУ. Сер.7. Л., 1986. Вып.1. С.12-19.
- Бутылин В.П., Жамойда В.А., Козин М.А., Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А. Литостратиграфия верхнечетвертичных отложений Финского залива и их корреляция с аналогичными образованиями Центральной Балтики.// В кн.: Геология субаквальной части зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты в пределах Финского залива. Сб.науч.трудов, 1989. – Л.: изд-во ВСЕГЕИ. – с.32-51.
- Бутылин В.П., Спиридонов М.А., Шурыгин А.Г. и др. Результаты и перспективы развития геоэкологических исследований в Финском заливе и дельте Невы // Проблемы геоэкологии акваторий и побережий. СПб., 1991. С. 81-85.
- Бычкова И.А., Викторов С.В., Сухачева Л.Л. Аэрокосмический мониторинг водных ресурсов Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Разведка и охрана недр. № 7-8. 1998. С. 42-44.
- Викторов С.В., Сухачева Л.Л., Кравцова В.И. Морские акватории. Невская губа Балтийского моря. Загрязнение вод // Космические методы геоэкологии. Альбом МГУ им. М.В.Ломоносова. М.: изд-во МГУ, 1998, с. 18.
- Гарбар Д.И. Тектоника зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты// Геотектоника, 1981, № 3, с. 41-47.
- Гельмерсен Г.П. О физических и геологических условиях Петербурга. Императорская Академия Наук, СПб, 1864, 11 с.
- Геоэкологический атлас восточной части Финского залива. РАН, ВСЕГЕИ, МПР РФ. Под ред. В.М.Питулько и М.А.Спиридонова. СПб, 2002.
- Грейсер Е.Л., Малаховский Д.Б. и др. Строение и происхождение Дудергофских высот (окрестности Ленинграда). Известия Всестн. Географ.общества, Наука, 1980.
- Дашко Р.Э., Волкова А.В., Захарова Е.Г. Инженерно-геологический и геоэкологический анализ и оценка условий строительства и эксплуатации зданий и сооружений в историческом центре Санкт-Петербурга // Материалы годичной сессии Научного совета РАН «Сергеевские чтения», вып.5, ГЕОС, Москва, 2003 г, с.159-162.
- Дашко Р.Э. Планирование эксперимента как основа повышения надежности и достоверности определения физико-механических свойств грунтов. «Петербургский строительный рынок», №9 (113), 2008 г.
- Дверницкий Б.Г. и др. Современная геодинамика и устойчивость геологической среды в Петербургском регионе// Отечественная геология, 2001, № 2, с.68-71.
- Дерюгин К.М. Исследования реки Невы и ее бассейна. № 63, выпуск 2. Гидрологические и гидробиологические исследования Невской губы. Петроград: изд-во Российского гидрологического института, 1923.
- Дерюгин К.М. Исследования реки Невы и ее бассейна. № 103, Выпуск 2. Гидрологические и гидробиологические исследования Невской губы. Л., изд-во Российского Гидрологического института, 1925.
- Докучаев В.В. Вопрос об исследовании С.-Петербурга и его окрестностей в естественном, физико-географическом и сельскохозяйственном отношении на VIII съезде русских естествоиспытателей и врачей. СПб., 1890, 23 с.
- Журухин И. Характер отложений наносов в русле Санкт-Петербургского морского канала и меры к их устранению. СПб.: Изд-во Собр.инст.пут.сообщ., 1894. 72 с.
- Иностранцев А.А. Геологическое строение острова Котлина // Труды СПб об-ва Естествоиспытателей. Т.XXXV, вып. 5. СПб, 1912.
- Ионин А.С., Каплин П.А., Медведев В.С. Классификация типов берегов земного шара (применительно к картам физико-географического атласа мира) – «Труды океаногр. Комиссии АН СССР», 1961, т.ХП, с. 94-108).
- Карта радоноопасности России. Масштаб 1:10000000. Максимовский В.А., Смыслов А.А., Харламов М.Г.. СПб, ВСЕГЕИ, СПГИ 1995.
- Краснов И.И. и др. Опорный разрез верхнеплейстоценовых отложений в Приневской низменности в карьере Келколово// Региональная геология и металлогения, из-во ВСЕГЕИ, СПб, 1995, № 4, с. 88-99.
- Кропоткин П.А. Исследования о ледниковом периоде. т.1, 2. СПб, изд-во ИРГО, 1876.
- Курторг С.С. Геогностическая карта Санкт-Петербургской губернии. СПб. 1852.
- Лаврова М.А. Основной разрез верхнего плейстоцена Ленинградского района// Вопросы стратиграфии четвертичных отложений северо-запада европейской части СССР, Л., 1962, с.125-139.
- Логвиненко Н.В., Барков Л.К., Усенков С.М. Литология и литодинамика современных осадков восточной части Финского залива. Л., Изд-во ЛГУ, 1988, 148 с.
- Логвиненко Н.В., Барков Л.К., Усенков С.М. Некоторые особенности минералогического состава донных осадков восточной части Финского залива // Вест. ЛГУ. Сер.7. Л.: 1980.
- Малаховский Д.Б., Дорожкина М.В. Проблемы геоморфологии Санкт-Петербургского региона// Вестник СПб ГУ, сер. 7, 1996, вып. 4 (№ 28). с.23-35.
- Малаховский Д.Б. и др. К палеогеографии голоцена района Ленинграда (разрез у Невского лесопарка)// Вестник ЛГУ, сер.7, 1989, вып.1 (№ 7),с.92-98.№ 12. С.9-17.
- Марков К.К. Развитие рельефа северо-западной части Ленинградской области. //Труды главного Геолого-разведочного управления ВСНХ СССР, вып.117, М-л, 1931, 256 с.
- Можаев Б.Н. Новейшая тектоника северо-запада Русской равнины. Л., Недра, 1979, 229 с.
- Невская губа (экологическая геология). Под редакцией Спиридонова М.А. СПб, 2004, 181 с.



Некрасов А.В., Еремина Т.Р., Провоторов П.П. Гидрофизические процессы // В кн.: Финский залив в условиях антропогенного воздействия. СПб, 1999. С.3-47.

Окнова Н.С., Лопатина С.К., Верзилин Н.Н., Гонтарев Е.А. К вопросу изменения донных осадков Невской губы в связи со строительством дамбы. Вестник ЛГУ. Геология, география. СПб.: 1990. Вып. 3. С.12-20.

Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году/ Под редакцией Д.А.Голубева, Н.Д.Сорокина, СПб, 2009, 480 с.

Пель Н.В. Результаты изысканий произведенных в 1885 и 1886 годы в устье р.Большой Невы // Мат. для опис.рус.портов и история их сооружения. СПб., 1888. Вып. 7. С.3-26.

Погребов Н.Ф. О результатах гидрогеологических исследований, произведенных с целью решения вопроса о возможности снабжения С.-Петербурга так называемой ключевой водой. Отдельный оттиск из Трудов Второго Всероссийского съезда деятелей по практической геологии и разведочному делу в 1911 г. в С.-Петербурге, 78 с.

Природные опасности России: Природные опасности и общество / Под общ. ред. Осипова В.И., Шойгу С.К. М.: Крук, 2002, 245 с.

Раздолгин А.А., Скориков Ю.А. Кронштадская крепость. Л.: Стройиздат, 1988, 420 с.

РГА ВМФ, 1331-11-514. Карта Невской губы, 1860.

РГА ВМФ, 1331-4-281. Карта части Финского залива от Санкт-Петербурга до о-ва Голландия, 1750.

РГА ВМФ, 1331-4-302. Карта Глубин от устья Невы до Кронштадта, 1768.

РГА ВМФ, 1331-4-333. Карта невиской губы, 1805.

РГА ВМФ, 1331-7-532. Карта Невской губы, 1911.

РГА ВМФ, 402-1-248. Дело № 9. О съемках Балтийского моря в 1829 г., 1829.

РГА ВМФ, 913-1-79. Журнал плаваний палубного бота № 4, гальета «Рак» и гальета «Штурман» по Балтийскому морю для гидрографических и гидрологических работ, 1751.

Розен М.Ф. Геологическое строение дна Финского залива по профилю Ораниенбаум – Кронштадт – Лисий Нос. Изв.Центр.Гидрометеор.Бюро. Вып.Х. Л., 1930. С.139-178.

Рябчук Д.В., Спиридонов М.А., Сухачева Л.Л., Жамойда В.А., Нестерова Е.Н. Рельеф, геологическое строение и экзогенные геологические процессы береговой зоны Курортного района Санкт-Петербурга// Региональная геология и металлогения, 2008, № 36, с.109-120.

Саммет Э.Ю. и др. Геолого-экологическая карта Санкт-Петербурга и его окрестностей. В кн.: Вопросы геоэкологии Северо-Запада Российской Федерации. СПб, 1998.

Санкт-Петербург. 300 лет в планах и картах. РНБ, 2002.

Спиридонов М.А. Ледниковая история Финского залива. // В кн.: Геология субарктической части зоны сочленения Балтийского щита и Русской плиты в пределах Финского залива. Сб.науч.трудов, 1989. – Л.: изд-во ВСЕГЕИ. - с.23-32.

Спиридонов М.А., Григорьев А.Г., Шахвердов В.А. и др. Важнейшие геоэкологические особенности системы река Нева – Невская губа – Финский залив // Геология Северо-запада вчера и сегодня, ДПР по СЗ региону. СПб, 2002. С.189-193.

Спиридонов М.А., Рябчук Д.В., Кропачев Ю.П., Суслов Г.А., Нестерова Е.Н., Ликсуценок С.М. Создание современной фактографической карты донных осадков и техногенных объектов на поверхности дна Невской губы (район, ограниченный Комплексом защитных сооружений, до условной линии Ломоносов – м.Лисий Нос). Известия ВСЕГЕИ, т.4 (52), 2004. С.120-123.

Странгвейс Гернер-Фокс. Геогностическое описание С.-Петербургских окрестностей. Перевод с немецкого, сличенный с английским подлинником А.А.Дейхманом. Труды Минералогического общества, т.1, 1830, 128 с.

Фрумин Г.Т., Крючков А.М. Гидрохимическая характеристика // В кн.: Финский залив в условиях антропогенного воздействия. СПб., 1999. С.48-65.

Ядута В.А. Новейшие и современные движения земной коры в Санкт-Петербурге и их роль в геологической опасности. / Геологи – 300- летию Санкт-Петербурга. СПб, 2003.

Яковлев С.А. Наносы и рельеф г. Ленинграда и его окрестностей // Тр. Научно-мелиорационного ин-та, 1925, Л, 264 с.

DUDES, Department of Urban Development & Engineering Services, Ministry of Works and Human Settlements, Buthan, 2004. Structure Plan of Thimphu <http://www.dudh.gov.bt/Thimphustructural/Index.html> («DUDES», Департамент Градостроительства и инженерных коммуникаций, Министерство общественных работ и развития населенных пунктов, Бутан, 2004. Структурный план Тимпу).

Leopold, L.B., Clark, F.E., Hanshaw, B.B. and Balsley, J.R. 1971. A procedure for evaluating environmental impact, Geological Survey Circular 645, Washington (Леопольд Л.Б., Кларк Ф.Э., Ханшоу Б.Б. и Балсли Дж.Р. 1971. Процедура оценки воздействия на окружающую среду, Циркуляр № 654 Геологической службы, Вашингтон).

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. 1992. KUPO -92. Kunnallistekniikan pohjatutkimusohjeet. Rakennustieto Oy, Helsinki, p. 65.(Финское геотехническое общество. 1992. KUPO -92. Рекомендации по наземной съемке для градостроительства. "Билдинг Информейшн Лимитед", Хельсинки, 65 с.)

#### Фондовая

Асаткин Б.П. Геологический очерк территории Большого Ленинграда, 1935, фонды СЗГУ.

Андреева Н.Г., Журавлева О.Ю. Отчет о научно-исследовательской работе по теме «Составление легенд Ильменской и Онежской серии листов Государственной гидрогеологической карты РФ м-ба 1:200000 в соответствии с новыми принципами гидрогеологической стратификации, 2002г.

Апухтин Н.И. и др. Отчет о геологической съемке в масштабе 1:200 000, лист Р-35-XXXVI, Ленинград, 1960.

Арестова Т.А., Бахарев Т.С., Герасимов А.В., Дмитриев Д.Н., Зубарев С.Э. Ведение мониторинга геологической среды на территории Санкт-Петербурга в 2007 году. Раздел II// Отчет. ГГУП «СФ «Минерал». СЗГФ. 2007г.

Ауслендер В.Г., Андреева Н.Г., Боровикова Н.А. и др. Отчет о геологическом, гидрогеологическом и инженерно-геологическом доизучении масштаба 1:50000 с

общими поисками и геоэкологическим картированием территории г. С-Петербурга и его окрестностей. 2001 г. Фонды ФГУ СЗ РФГИ.

Афанасов М.Н. и др. Информационный отчет о выполненных работах по ГДП, ГД-ЭГИК-200 и ГСШ-200 Карельского перешейка и западной части акватории Ладожского озера. Объект «Карельский», 2002. Фонды ПКГЭ.

Бахарев Т.С., Герасимов А.В., Зубарев С.Э. Оказание услуг по мониторингу геологической среды на территории Санкт-Петербурга в 2008 году. Т.2. Мониторинг экзогенных геологических процессов// Отчет. СЗГФ. 2009г.

Виноградов В.Н. Выявление зон, участков и точек образования биогаза в грунтах Фрунзенского, Красногвардейского, Невского и Приморского р-нов г. Санкт-Петербурга. 2001, фонды по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга.

Гарбар Д.И. Генеральная программа комплексного изучения территории Ленинградского пром-экономического района. 1977г.

Гасс П.М., Кальм В.А. Отчет по оценке региональных эксплуатационных запасов подземных вод Ленинградского артезианского бассейна за 1972-1982 гг. 1982г.

Дмитриев А.А. Отчёт об инженерно – геологическом и гидрогеологическом картировании территории Ленинграда в м-бах 1:25000 и 1:50000 для обоснования генерального плана развития города с учётом использования подземного пространства, 1984 – 1989 г. г. (центральная и южная части г. Ленинграда), 1989 г. (Объект ЛИГО-2).

Дмитриев Д.Н., Арестова Т.А., Белов В.Ф. Государственный мониторинг геологической среды Санкт-Петербурга в 2005г.// Отчет. ГГУП «СФ «Минерал». СЗГФ. 2006г.

Краснов И.И. Детальная геологическая съемка окрестностей г. Ленинграда. Одноверстные планшеты Токсово, Шувалово, Лахта, 1931, фонды СЗГУ.

Майорова А.В. Отчеты по составлению комплекса инженерно-геологических карт г.Ленинграда, 1962г.

Москаленко П.Е., Федоров С.М. и др. отчет о работе по теме № 787 (объект «Кронштадский») «Морские геолого-съемочные работы на листах Р-35-XXXVI, О-35-V, VI, О-36-I масштаба 1:200 000 и подготовка к изданию морской части листов Госгеолкарты-200 (в пределах листов О-35-V, VI)» за 1989-1994 гг. Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ, СЗРГЦ, декабрь 1994 г.

Насонова Л.Д., Саммет Э.Ю. и др. Комплект геологических, гидрогеологических и геоэкологических карт масштаба 1:200000 территории Санкт-Петербурга и его окрестностей. СПб, 1995г.

Николаев А.С. Отчет по изучению режима экзогенных геологических процессов на территории Ленинградской области в 1986-1989гг.// ГПП «Севзапгеология», ТГФ, 1990г.

Осипов В.М. и др. Создание информационного слоя «Болота» блока «Поверхностные воды» Экологического паспорта Санкт-Петербурга// Отчет. ООО «СЗЦ «ЭкоЛаб», СПб, 2007г.

Савенкова Г.Б., Наумов М.Ю., Николаев А.С., Дмитриев Д.Н., Арестова Т.А., Белов В.Ф. Эксплуатация автоматизированной системы контроля и управления качеством атмосферного воздуха и мониторинг состояния геологической среды Санкт-Петербурга в 2005 году// Отчет. СЗГФ. 2006г.

Селадина В.В. и др. Отчет по оценке региональных эксплуатационных запасов подземных вод Ленинградского артезианского бассейна за 1972-1983 гг., 1983г.

Селиванова ВА., Недригайлова И.С., Семенова О.И. Отчет по геологической съемке листа О-36-I (Ленинград) в м-бе 1:200 000, СЗГУ, 1959.

Соловьёва В.А. «Отчёт о инженерно-геологическом и гидрогеологическом картировании территории г. Ленинграда в м-бах 1:25000 и 1:50000 для обоснования генерального плана развития города с учётом использования подземного пространства, 1980 – 1984 г.г. Северная и северо-восточная части г. Ленинграда», 1984 г. (Объект ЛИГО-1).

Стронская М.Н. Отчет о региональном изучении верхнего межморенного (полостровского) водоносного горизонта в пригородной зоне Ленинграда. 1969г.

Шебеста Е.А., Андреева Н.Г. и др. Отчет по оценке региональных эксплуатационных запасов Ленинградского артезианского бассейна, 1982г.

Шевченко С.Р., Ломтадзе В.Д., Усикова Т.В. и др. Сводный отчет по материалам инженерно-геологической съемки, выполненной на территории Ленинграда и ближайших окрестностей, 1967г.

Яковлев С.А. Четвертичные отложения окрестностей Большого Ленинграда, 1935, фонды СЗГУ.

Янишевский М.Э. Геологическая карта окрестностей Ленинграда. Описание геологического строения У-55 (Сестрорецк), 1932, фонды СЗГУ.

Яцкевич З.В. и др. Отчет о комплексных геологических и гидрогеологических исследованиях, произведенных на территории пригородной зоны г. Ленинграда в 1953-1955 гг., 1955.