

*На правах рукописи*

Караковский Владимир Владимирович

Гидрогеоэкологическое обоснование схем территориального  
планирования на примере Красногорского района Московской  
области

Специальность: 25.00.36 - геоэкология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-  
минералогических наук

**Москва – 2017**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО МГУ)»

**Научный руководитель:**

**Орлов Михаил Сергеевич**

к.г.-м.н, доцент каф. гидрогеологии геологического факультета ФГБОУ ВО МГУ

**Официальные оппоненты:**

**Хаустов Александр Петрович**

д.г.-м.н, профессор каф. прикладной экологии экологического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Российского университета дружбы народов (ФГАОУВО РУДН)

**Григорьева Ия Юрьевна**

к.г.-м.н, доцент каф. инженерной и экологической геологии геологического факультета ФГБОУ ВО МГУ

**Ведущая организация:**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Воронежский государственный университет (ФГБОУ ВО ВГУ).**

Защита состоится «19» апреля 2018 г. в 14-300 часов на заседании Диссертационного совета Д002.048.01 при по адресу: 101000, Москва, Уланский переулок, д.13, стр.2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Института Геоэкологии РАН им. Е.М. Сергеева по адресу: 101000, Москва, Уланский пер., д.13, стр.2.

Просим вас принять участие в заседании совета по адресу: Москва, Николоямская улица, д. 51, стр. 1 или прислать отзыв (в 2-х экземплярах), заверенный печатью учреждения, на имя ученого секретаря диссертационного совета по адресу: 101000, Москва, Уланский переулок, д. 13, стр. 2, а/я 145, email: [dissert@geoenv.ru](mailto:dissert@geoenv.ru), факс +7 (495) 623-18-86.

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета Д002.048.01 кандидат геолого-минералогических наук \_\_\_\_\_ Батрак Глеб Игоревич

## **I. Введение**

### *Актуальность исследований*

В 2009 году ГУП НИиПИ Генплан Москвы разработал схему территориального планирования (далее СТП) Красногорского района. Данная схема не была утверждена и в дальнейшем планируется разработать ее заново. За основу гидрогеоэкологической оценки СТП были взяты схемы 2009 года. Гидрогеоэкологическое обоснование, проведенное в данной работе, следует включить в разрабатываемую СТП.

В настоящее время в районе сложилась неблагоприятная гидрогеоэкологическая обстановка. Согласно многолетним исследованиям, в районе отмечается загрязнение грунтовых и межпластовых вод, которые используются в качестве сельского и централизованного водоснабжения. При этом для большинства населенных пунктов района воды подольско-мячковского водоносного горизонта являются единственным источником чистой питьевой воды.

Из-за интенсивного водоотбора напорные уровни подольско-мячковского водоносного горизонта уже значительно снижены, что привело к формированию в районе воронки депрессии. К 2039 году водоотбор будет увеличен почти в 2 раза, что приведет к еще большему снижению напоров (на десятки метров) эксплуатируемых водоносных горизонтов. На территории района в пределах области депрессии имеются гидрогеологические окна, через которые происходит нисходящее движение грунтовых вод, возмещающие сработанные напоры подольско-мячковского и нижележащих водоносных горизонтов каменноугольных отложений.

Повышенные концентрации загрязняющих веществ приурочены к наиболее крупным населенным пунктам района и промзонам, которые расположены вблизи гидрогеологических окон (далее ГГО).

Общая тенденция в поисках, разведке и оценке запасов подземных вод в Красногорском районе определяется наращиванием эксплуатации подольско-мячковского горизонта и все большее вовлечение в эксплуатацию нижележащих горизонтов – каширского и окско-протвинского. Следует при этом отметить снижение показателей качества воды вниз по разрезу.

Таким образом, существует угроза загрязнения основного водоносного горизонта, являющегося стратегическим источником запасов питьевых вод.

Согласно СТП новая застройка будет размещаться, в том числе и на наиболее неблагоприятных, с гидрогеоэкологической точки зрения, участках. Следовательно, требуется совершенствование СТП, которое может проводиться в двух направлениях: в изменении размещения функциональных зон и в более объективном экономическом обосновании строительства на различных участках района.

Для включения гидрогеоэкологического анализа в СТП, необходимо изменить общее отношение к планировке районов. Для этого нужно внедрить геоэкологические понятия в систему нормативного градостроительного регулирования, которая накопила множество противоречащих документов и в целом находится еще только в стадии формирования. Например, можно внести поправки в уже существующие нормативные документы (СНиП 11-02-96, СП 11-105-97) о необходимости проведения геоэкологического обоснования СТП и включения отдельных разделов такого обоснования в тома ООС и ГОЧС и в техническое задание. При этом методы проведения геоэкологического обоснования должны быть регламентированы на федеральном или региональном уровне.

#### *Цель и задачи работы*

Цель данной работы – разработка методики гидрогеоэкологического обоснования на примере СТП Красногорского района. Объектом исследования является – Красногорский район, предметом – подземные воды верхней части геологической среды (от поверхности земли до  $\approx 100$  м (уровень залегания подольско-мячковского водоносного горизонта)).

Перед работой были поставлены следующие задачи:

- Сравнительный анализ гидрогеоэкологических условий Красногорского района с другими районами Московской области.
- Оценка природной защищенности подземных вод путем применения существующих методик подходящих для гидрогеоэкологического анализа СТП.
- Разработка и обоснование критериев и методов оценки техногенной нагрузки и гидрогеоэкологической напряженности для гидрогеоэкологического обоснования СТП.
- Прогнозная оценка развития гидрогеоэкологической обстановки, в т.ч. в условиях ЧС, в рамках СТП.
- Анализ и районирование территории района по степени гидрогеоэкологической напряженности для различных условий (в штатном и ЧС режиме, для различных водоносных горизонтов), в рамках СТП.

#### *Защищаемые положения*

1. СТП Красногорского района должна включать гидрогеоэкологическое обоснование, что повысит качество планировки, поможет оптимизировать расходы и рационально использовать проектируемую территорию.

2. Гидрогеоэкологическое обоснование СТП Красногорского района допустимо и целесообразно обосновывать на оценке защищенности подземных вод эксплуатируемых водоносных горизонтов, т.к. в районе есть предпосылки развития неблагоприятной гидрогеоэкологической ситуации, которая заключается в наличии гидрогеологических окон на

территориях, имеющих крупные техногенные объекты, и пониженный уровень напора эксплуатируемых водоносных горизонтов, являющихся основным источником водоснабжения.

3. Разработан рациональный порядок гидрогеоэкологического анализа СТП, который должен включать последовательную смену оценки природных условий качественными (метод экспертных оценок, совмещенного анализа и др.), статистическими (методы математической статистики) и количественными методами (расчет определенных параметров по количественным показателям). Метод построения логистической регрессии и ROC-кривой оказался наиболее целесообразным и эффективным методом гидрогеоэкологического анализа СТП в условиях дефицита информации, времени и финансирования.

4. Согласно проведенному гидрогеоэкологическому районированию, наиболее напряженными зонами являются области наложения 9 техногенных объектов (г. Красногорск, пос. Архангельское, пос. Нахабино, деревни Гольево, Ангелово, Захарково, Воронки, трассы: Волоколамское ш., а/д «Балтия») на 3 гидрографических объекта, под которыми расположены гидрогеологические окна (долины р. Москва, Банька, руч. Вороний Брод), и составляют от 5,5% до 25% от всей площади района.

#### *Научная новизна*

1. Впервые для гидрогеоэкологического анализа построена логистическая регрессия защищенности водоносных горизонтов и проведен ROC-анализ; 2. Разработан порядок гидрогеоэкологической оценки территории для СТП в масштабах 1:10000-25000 (для ЧС и штатных условий). 3. Проведено районирование рассматриваемой территории по гидрогеоэкологической напряженности (в штатных условиях и при ЧС), для чего разработаны критерии, легенда и одноименная карта.

#### *Методика исследований*

Для решения поставленных задач в работе использовались различные методы. Для оценки природной защищенности подземных вод (далее ПЗ) методы разделялись на качественные, полуколичественные и количественные.

Качественная оценка основывалась на широко известных методах, разработанных Орловым М.С., Гавич И.К., Белоусовой А.П., Гольдбергом В.М. и др. Полуколичественная оценка представляла собой использование вероятностно-статистических методов: метод анализа иерархий, ROC-анализ и построение логистической регрессии. Количественная оценка проводилась по методике предложенной Гольдбергом В.М., Шестаковым В.М. и сотрудниками ИГЭ РАН.

Выделение зон различной техногенной нагрузки (далее ТН) проводилось в зависимости от функционального назначения территории, анализа материалов дистанционного зондирования и по зонам ограничений использования. Для этого были проанализированы карты

СТП Красногорского района, разработанные ГУП НИиПИ Генпланом Москвы (раздел «Охрана окружающей среды» и «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций»).

Для создания карты гидрогеоэкологической напряженности (далее ГГЭН) использовался метод совмещенного анализа карт (Мунн, 1983), отражающий в себе несколько других известных методов: метод построения матрицы Леопольда, метод определения степени опасности воздействия инженерно-геологических процессов на геологическую среду (Кофф Г.Л.), методы разработанные Гавич И.К. и др. Зоны ГГЭН выявлялись путем наложения карты ПЗ на карту ТН.

Метод совмещенного анализа карт широко применялся и для других графических материалов, особенно для сравнения различных отдельных слоев или целых карт.

Также отдельно проводился линеаментный анализ Красногорского района и ближайшей к нему территории в масштабе 1:200000 и 1:50000. Карта линеаментов была составлена путем ландшафтного анализа топографических карт и космических снимков (Кац, Полетаев и др., 1986). При сравнении различных зон и характеристик сложившейся гидрогеоэкологической обстановки методом совмещенного анализа с учетом координатной привязки были выявлены зоны различной степени ГГЭН с учетом линеаментных структур.

#### *Практическое значение*

В градостроительном плане созданные в рамках данной работы карты и методы их составления позволяют откорректировать и оптимизировать планировочные решения, представленные в СТП Красногорского района. Гидрогеоэкологическое обоснование СТП позволило выделить перспективные и целесообразные места под размещение природоохранных территорий в зависимости от защищенности подземных вод.

В методическом плане предложенный порядок гидрогеоэкологического анализа СТП может применяться при разработке СТП и генпланов других районов Московской области, при планировании экомониторинга этих территорий, учитываться при инвестициях в строительство.

В нормативном плане в данной работе делается попытка регламентации геоэкологического обоснования и внедрение геоэкологических понятий и научных представлений в нормативно-правовое поле РФ.

#### *Фактический материал*

В ходе работы использовался большой объем фактического материала. Основным источником текстовой и графической информации являлись фондовые материалы ГУП НИиПИ Генплана Москвы, ГП «Геоцентра-Москва», ГУП Мосгоргеотрест, ТОО «КОРС», ООО «Росгеоизыскания», РАЕН АНО НИИЦ «Геориск», ЗАО «Геолинк Консалтинг».

Большая часть графических материалов, использованных в работе, находится в цифровом виде в том же формате, что и разработанные автором карты, а также в распечатанном виде в приложение.

#### *Структура работы*

Диссертация объемом 272 страниц машинописного текста состоит из введения, четырех глав и заключения. Вначале делается методический и литературный обзор. Затем приводится описание и анализ создавшейся обстановки в Красногорском районе (экологической, гидрогеологической, планировочной), анализ изученности района, приводятся общие сведения по Красногорскому району, делается обзор графических и текстовых материалов СТП Красногорского района. Четвертая глава посвящена методике исследований, где проводится сравнительный анализ различных районов Московской области и Москвы, описываются методы построения созданных в рамках данной работы карт. В последней главе проводится сравнительный анализ созданных карт, описываются и анализируются полученные результаты. Затем дается прогнозный гидрогеоэкологический анализ, общие выводы и рекомендации.

Приведен список литературы из 167 наименований, диссертация содержит 64 иллюстраций, 1 графическое приложение и 29 таблиц.

#### *Апробация работы*

По теме исследований опубликовано 10 статей и тезисов докладов, в том числе 4 статьи в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ. Отдельные результаты исследований докладывались на Международной конференции «SWorld» (Киев 2011, 2013, 2015), Ежегодных научных конференциях: «Ломоносовские чтения» (Москва 2013), «Сергеевские чтения» (Москва 2013, 2016), «Горшковские чтения» (Москва 2013), всероссийской научной конференции «Динамическая геология в XXI веке: проблемы и перспективы» (Москва 2013).

#### *Благодарности*

Автор выражает глубокую признательность за предоставление данных, ценные советы и консультации, полученные на различных этапах работы Орлову М.С., Соколовой Л.Ф., Расторгуеву А.В., Гусевой Е.А., Беловой А.И., Полетаеву А.И., Савельеву А.Ф., Поздняковой И.А., Григорьевой И.Ю., Косиновой И.И., Мусину А.Р., Ковалевой А., Заиканову В.Г., Миронову О.К.

#### *Личный вклад*

Для решения поставленных задач автором был собран и проанализирован большой объем фактического материала (более 30 источников фондовой литературы и около 25 фондовых карт), создано 33 оригинальных авторских карты в программе Xara Xtreme Pro 4 Trial, в которой был разработан СТП Красногорского района, разработана методика и порядок

оценки гидрогеоэкологического анализа СТП, в т.ч. с помощью логистической регрессии и ROC-анализ. Также автор принимал непосредственное участие в разработке СТП Красногорского района 2009 года и других проектных работах, сделанных для территории Красногорского района ГУП НИиПИ Генпланом Москвы за последние 8 лет.

## II. Гидрогеоэкологическая обстановка Красногорского района

Красногорский район расположен к западу от города Москвы, на востоке имеет общую

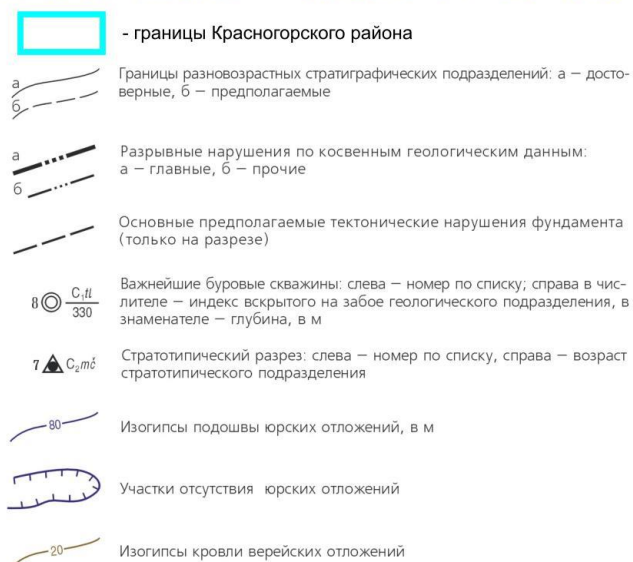
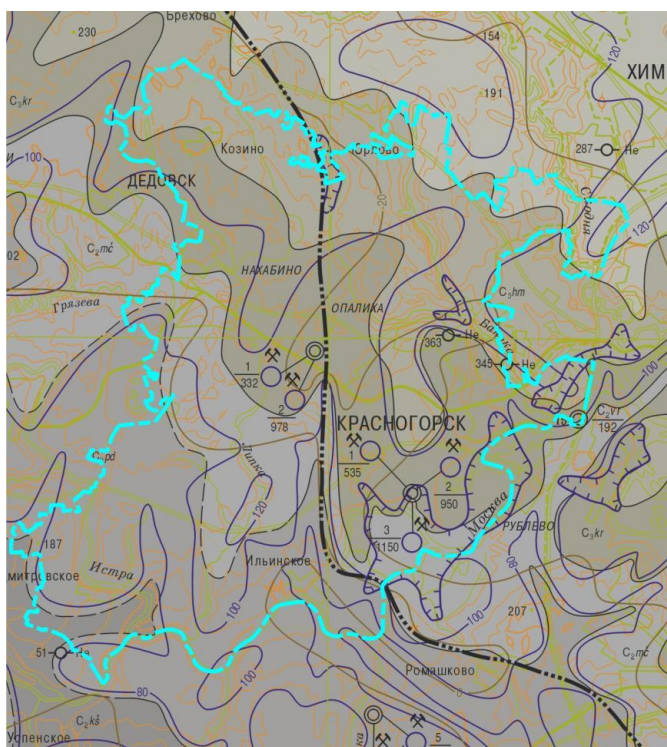


Рис. 1. Наличие ГГО в Красногорском районе (Жаке, 1992)

границу с Москвой. С юга граничит с Одинцовским, с запада – с Истринским, с севера – с Солнечногорским и Химкинским муниципальными районами.

По географическому положению Красногорский муниципальный район является частью западного сектора Подмосковья, занимает южный край Смоленско-Московской мореноэрозионной возвышенности, для которой характерны сложный, холмистый рельеф, глубокие речные долины, елово-березовые лесные массивы.

В связи со стремительным развитием Москвы и ближайшего Подмосковья Красногорский район испытывает негативное гидрогеоэкологическое воздействие. В частности из-за длительной эксплуатации артезианских подземных вод в Москве и Подмосковье сформировалась обширная область депрессии напоров. В центре этой воронки снижение напоров превышает 100 м, а темп сработки напоров равен 1 м в год (Орлов, 2008).

Помимо влияния г. Москвы в самом Красногорском районе в течение многих лет ведется интенсивный отбор подземных вод из подольско-мячковского, алексинско-протвинского и в незначительной степени



касимовского водоносных горизонтов, что, в настоящее время, привело к значительному снижению напорных уровней. Согласно отчету по переоценке запасов подземных вод, выполненной в 2014 году ЗАО «Геолинк консалтинг», за 2013 год водопотребление составило 32,462 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, а на прогноз (2039 год) эта цифра увеличится до 71,533 тыс. м<sup>3</sup>/сутки, в том числе по подольско-мячковскому водоносному горизонту – 51,683 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Прогнозное понижение будет достигать более 30 метров относительно существующего.

При этом в Красногорском районе имеются участки, где отсутствует отложения регионального водоупора – верхнеюрских глин (рис. 1).

Таким образом, в Красногорском районе есть предпосылки формирования неблагоприятной ситуации путем нисходящего движения загрязненных грунтовых вод, которые стремятся возместить сработанные напоры московского артезианского бассейна через гидрогеологические окна (рис. 2).

Это подтверждается наличием в воде подольско-мячковского водоносного горизонта повышенного содержания хлоридов, ионов аммония, нефтепродуктов и СПАВ, которые имеют техногенное происхождение. При этом повышенные концентрации загрязняющих веществ приурочены к крупным промышленным объектам г. Красногорска, которые расположены в местах распространения ГГО и имеют собственные артезианские скважины (рис. 3).

Со временем сложившаяся гидрогеоэкологическая обстановка может привести к необратимому загрязнению эксплуатируемого водоносного горизонта и значительному понижению его уровня. Следует сказать, что миграция загрязняющих веществ в геологической среде происходит очень медленно, поэтому их накопление происходит с малой скоростью, однако практически необратимо, процесс рассеивания также затруднен.

Сохранение высокого качества артезианских подземных вод важно потому, что это фактически единственный источник питьевого водоснабжения для большинства населенных пунктов Подмоскovie. Следовательно, эти водоносные горизонты должны восприниматься не столько дешевым и доступным источником водоснабжения городов Московской области, сколько бесценным, по возможности резервным источником чистой питьевой воды.

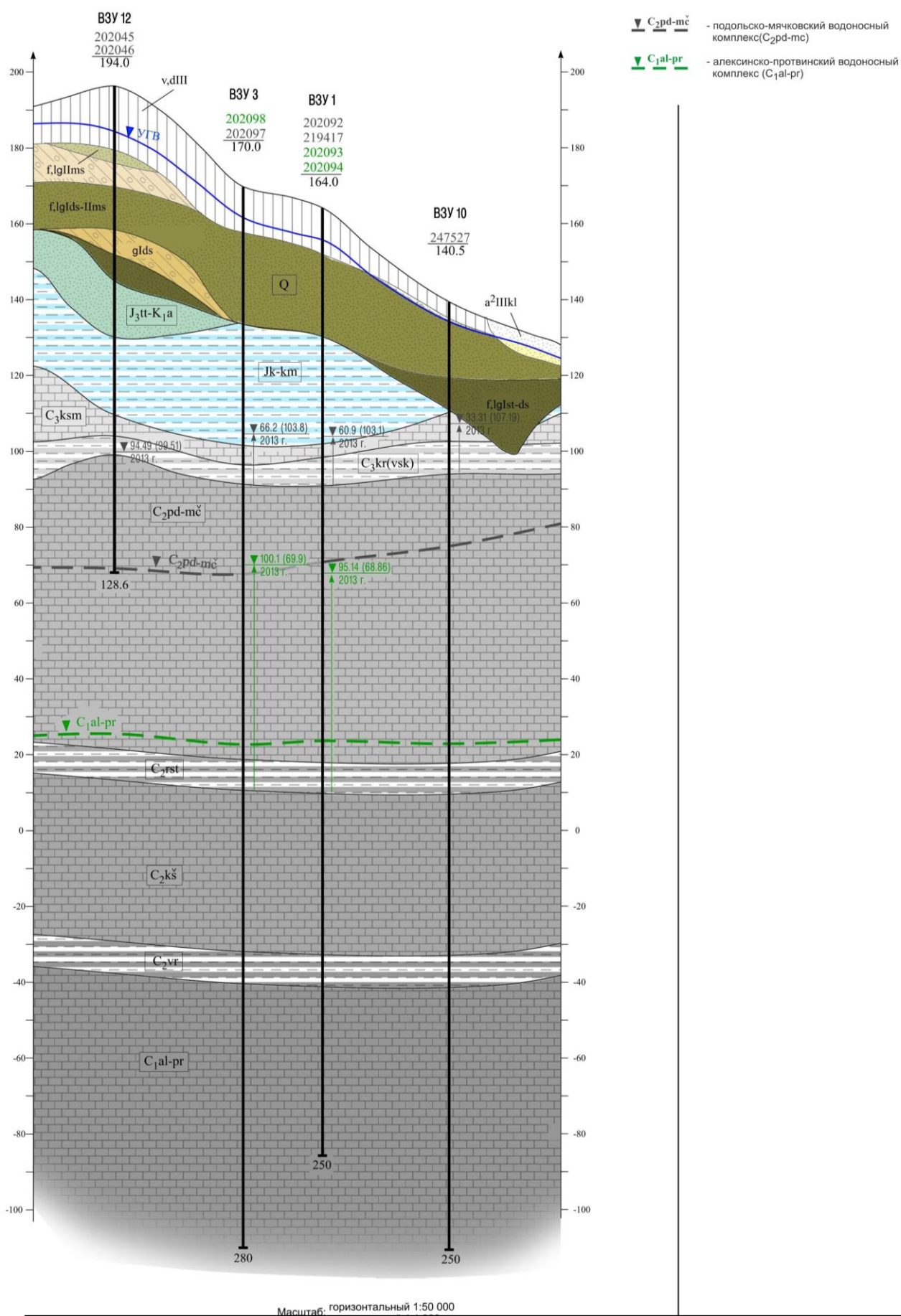


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез с прогнозными понижениями (Отчет по переоценке запасов..., ЗАО «Геолинк консалтинг», 2014).

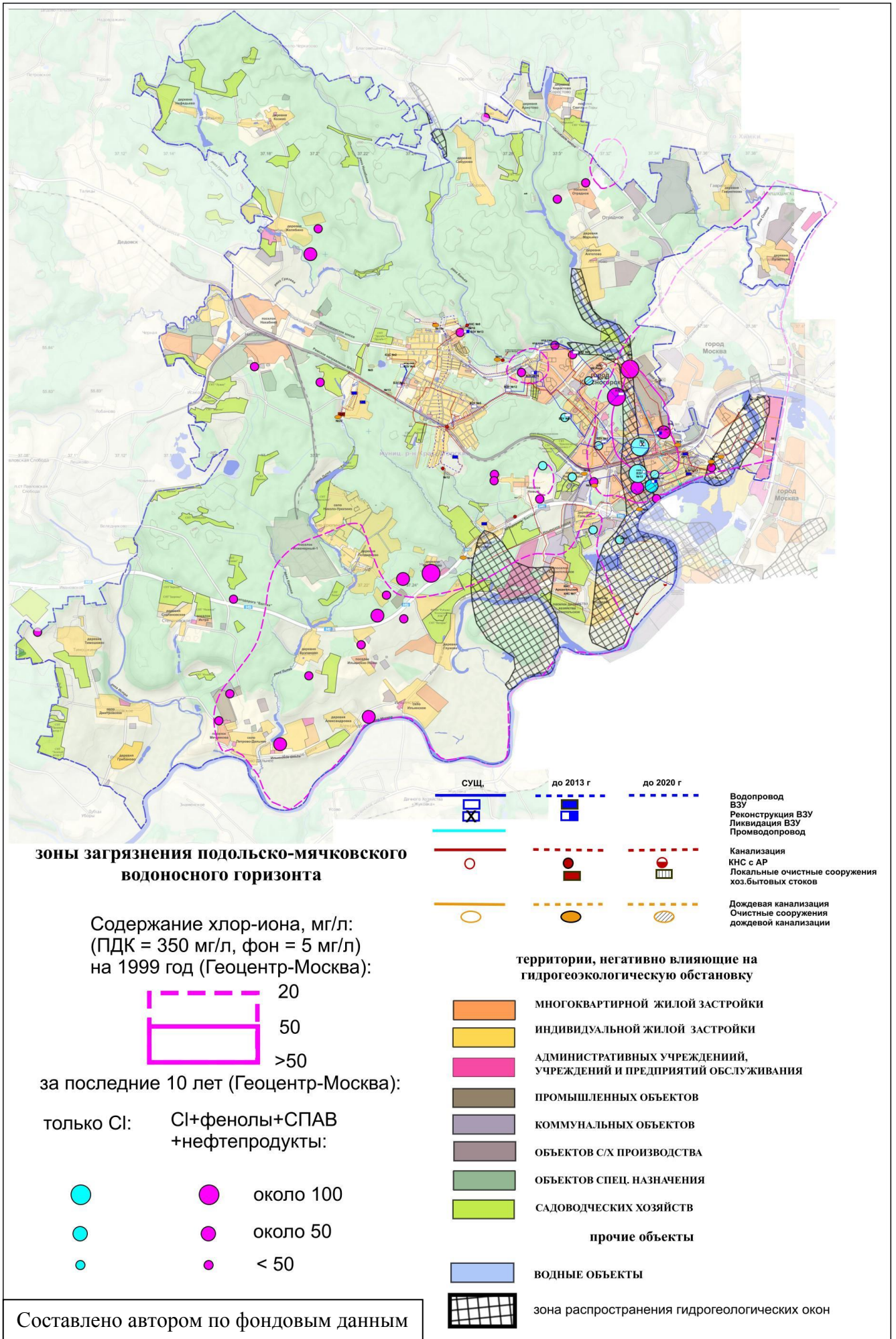


Рис. 3. Карта Красногорского района с указанием источников загрязнения подземных вод.

### III. Методы гидрогеоэкологического обоснования СТП Красногорского района

В настоящее время в научной литературе накопилось множество различных (практических, методических и теоретических) материалов касающихся в той или иной степени геоэкологической напряженности (далее ГЭН). Существуют различные представления о геоэкологии и ГЭН, что зависит от множества факторов: от ставящихся задач и способов их решения, от субъективных представлений авторов, от методов оценки и анализа ГЭН. Большое количество разнообразных трактовок делает необходимым проведение анализа подхода к ГЭН и выработки единого общепризнанного определения.

Согласно Шакировой А.Р., ГЭН это «разность между показателем устойчивости природных систем и показателем комплексного антропогенного воздействия» (Шакирова, 2008).

Если говорить о Московском регионе, то, как было показано выше на примере Красногорского района, наиболее острые геоэкологические проблемы связаны с подземными водами. Сложность, дороговизна и неэффективность очистки и общей реабилитации подземных вод определяют наибольшую важность последних для гидрогеоэкологического обоснования СТП по сравнению с другими компонентами геосистем. В условиях развития региональной области депрессии в районе артезианские (межпластовые) воды оказались на самом нижнем энергетическом (по напорам) уровне, что приводит к аккумуляции загрязняющих веществ. Актуальность сработки напоров и загрязнения вод московского артезианского бассейна указываются в ежегодных докладах о состоянии окружающей среды министерства природных ресурсов Москвы и Московской области.

Таким образом, геоэкологическое обоснование СТП Красногорского района допустимо свести к гидрогеоэкологическому (т.е. рассмотрению только подземной гидросферы), следовательно, необходимо рассматривать не ГЭН (по Шакировой), а гидрогеоэкологическую напряженность (далее ГГЭН), как главный компонент ГЭН.

Следовательно, ГГЭН - это характеристика состояния подземных вод (как существующего, так и прогнозируемого), представляющая собой соотношение степени оказываемой техногенной нагрузки к степени природной защищенности. Кратко ГГЭН можно выразить как отношение техногенной нагрузки к природной защищенности подземных вод по формуле:

$$N = \frac{T}{E} \quad (1)$$

Где  $N$  – гидрогеоэкологическая напряженность;

$T$  – техногенная нагрузка, оказываемая на подземную гидросферу (далее ТН);

$E$  – природная защищенность подземных вод (далее ПЗ).

Надо отметить, что ГГЭН – это, прежде всего, качественная характеристика, ее количественная интерпретация будет разработана в дальнейшем, через последовательную оценку ТН и ПЗ. Такой подход позволяет ГГЭН сравнивать с другими качественными величинами и характеристиками.

Полезность ГГЭН должна заключаться в ее практической значимости, предназначенной для СТП. А для СТП как для градостроительного документа наиболее важным результатом анализа является схематизация и картографирование. Следовательно, для объективного гидрогеоэкологического обоснования СТП требуется визуализация ГГЭН, которая заключается в районирование рассматриваемой территории. Здесь у введенной автором характеристики есть важное преимущество – ГГЭН может достаточно четко отображаться на карте благодаря совмещенному анализу компонентов слагающих эту напряженность: ТН и ПЗ, которые также отображаются графически.

Районирование территории по ГГЭН позволяет решить градостроительные и планировочные задачи СТП, через описание каждой зоны с различной степенью ГГЭН. Данные зоны отображают степень ТН и ПЗ, вероятность возникновения негативных гидрогеоэкологических процессов, рекомендации по осуществлению природоохранных мероприятий в случае освоения и, как следствие, стоимость строительства за счет реабилитации, защиты и охраны подземных вод.

#### *Составление карты ПЗ.*

Был составлен порядок оценки ПЗ, который заключается в последовательном уточнении результатов. При этом последовательность зависит от масштаба рассмотрения, финансовых и временных затрат, и качества имеющейся информации. Последовательное уточнение требует и смену подходов (методов) к оценке ПЗ.

Таблица 1. Порядок оценки ПЗ подземных вод

| Шаг                       | Карта    | Метод   | Деление территории на зоны   | Примечание  | Стадия, масштаб            |
|---------------------------|----------|---|--|---|----------------------------|
| Качественные методы       |          |   |  |   |                            |
| 1                         | №3.1.1 а | Качественный МЭО  | 1. защищенная (от 92 до 121 баллов);<br>2. условно защищенная (от 61 до 91 баллов);<br>3. незащищенная (от 29 до 60 баллов). | Данный метод имеет низкую достоверность и точность, и выделяет лишь наиболее общие зоны ПЗ. Может использоваться на начальной стадии проектирования в условиях дефицита информации и для быстрого поверхностного анализа            | СТП, масштаб 1:25000-50000 |
| Полуколичественные методы |          |   |  |   |                            |
| 2                         | №3.1.4 а | Качественный МЭО + закон нормального распределения (без учета корреляции) | 1. защищенная для НЮ/ПМ (7-10/13-19);<br>2. условно защищен. (4-6/7-12);<br>3. незащищенная (0-3/0-6).                       | Данный метод имеет чуть большую достоверность и точность, выделяет лишь наиболее общие зоны ПЗ. Может использоваться на начальной стадии проектирования в условиях дефицита информации и для быстрого поверхностного анализа. Из-за | СТП, масштаб 1:25000-50000 |

|                       |                 |   |   |   |   |
|-----------------------|-----------------|---|---|---|---|
|                       |                 |   |   | меньшего числа параметров<br>значительно ускоряет анализ  |   |
| 3                     | №3.1.4 б        | Полуколичес-<br>твенный<br>статистическ<br>ий:<br>МЭО+коррел<br>яционный<br>анализ +<br>МАИ           | 1. защищенная для<br>НЮ/ПМ (11-15/27-<br>35);<br>2. условно<br>защищен. (6-10/13-<br>26);<br>3. незащищенная (0-<br>5/0-12).  | Данные методы имеют большую<br>достоверность и точность, уточняет и<br>обосновывает общие зоны ПЗ. Может<br>использоваться на начальной стадии<br>проектирования в условиях дефицита<br>информации, но для более глубокого<br>анализа. Время расчета увеличивается,<br>но можно автоматизировать.                               | СТП,<br>масштаб<br>1:25000-<br>50000            |
| 4                     | №№3.1.<br>4 в   | Полуколичес-<br>твенный<br>статистическ<br>ий:<br>Логистическа<br>я регрессия и<br>ROC-кривая         | 1. защищенная для<br>НЮ/ПМ (0,92-<br>3,08/3,87-8,35);<br>2. условно<br>защищен. (-1,03-<br>0,91/2,65-3,86);<br>3. незащищенная (-<br>12,4-(-1,04)/ -1,13-<br>2,64). | Данный метод имеет наибольшую<br>достоверность и точность в рамках<br>статистики, уточняет и обосновывает<br>зоны ПЗ. Может использоваться в<br>качестве проверки для предыдущих<br>стадий или альтернативного варианта<br>при отсутствии количественного<br>расчета. Время расчета увеличивается,<br>но можно автоматизировать | СТП,<br>ГП, ПП,<br>масштаб<br>1:10000-<br>25000 |
| Количественные методы |                 |   |   |   |   |
| 5                     | №№3.1.<br>1 б-в | Количествен<br>ный Расчет<br>времени<br>достижения<br>загр. веществ<br>до<br>водоносного<br>горизонта | 1. защищенная<br>(более 10000 сут.);<br>2. условно<br>защищен. (5000-<br>10000 сут);<br>3. незащищенная (0-<br>5000 сут.).  | Данный метод имеет наибольшую<br>достоверность и точность из всех<br>предложенных методов, выделяет зоны<br>защищенности водоносных горизонтов.<br>Требует большого количества<br>информации и временных затрат.  | СТП,<br>ГП, ПП,<br>масштаб<br>1:5000-<br>10000  |

Первоначальный качественный анализ проводился методом экспертных оценок. Здесь автором преследовалась цель найти наиболее простой и при этом наиболее достоверный метод. Весовой коэффициент, диапазон изменения и другие характеристики оценки были взяты по Drastic-методу, а параметры – по В.М. Гольдбергу и В.М. Шестакову.

Оценивались только те параметры, которые используются в расчете времени достижения загрязняющих веществ до исследуемого водоносного горизонта. Для межпластовых (напорных) водоносных горизонтов такой метод был предложен еще Гольдбергом В.М. по формуле:

$$t = \frac{m_o^2 n}{k_o (H - h_o)} \quad (2)$$

Где  $m_o$  – мощность водоупорного горизонта (м),  $k_o$  – коэффициент фильтрации водоупорного горизонта (м/сут.),  $n$  – пористость водоупорных пород,  $H - h_o$  – разница напорных уровней вышележащего водоносного горизонта и исследуемого водоносного горизонта.

По аналогии для безнапорных водоносных горизонтов была взята формула Шестакова В.М.:

$$t = \frac{n_1 T}{k_1 w} \ln \left[ 1 + \frac{k_1 m_1}{k_2 m_2} \right] \quad (3)$$

где  $k1$ ,  $n1$ ,  $m1$  – коэффициент фильтрации, активная пористость и мощность верхнего слоя;  $k2$ ,  $m2$  - коэффициент фильтрации и мощность нижнего слоя;  $T$  – суммарная проводимость пласта,  $W$  - интенсивность инфильтрационного питания.

Параметры защищенности переводились в баллы, при этом необходимо учесть, что эти параметры неравны между собой: одни важнее других. Важность отображается в весовом коэффициенте. В основе балльной оценки лежит расчет времени фильтрации. Преимущество данного метода заключается в том, что всегда рассматривается один и тот же набор расчетных параметров, при разных комбинациях значений этих параметров получается одно и то же время фильтрации, значит, можно все остальные варианты изменения параметров выразить через один вариант.

Здесь критерием балльной оценки является чувствительность  $t$  от различных параметров. Чувствительность результата оценки ПЗ должна определяться чувствительностью расчетной формулы к значениям используемых параметров. Предпочтение нужно отдавать тем параметрам, которые получены по данным изыскательских и разведывательных работ, и выделялись различными специалистами в области гидрогеологии.

Качественные методы из-за низкой обоснованности балльной оценки целесообразно применять только для крупномасштабных карт, на уровне СТП районов и областей.

Для математического обоснования качественной оценки (веса баллов параметров) был отдельно проведен статистический анализ следующими методами: по закону нормального распределения, с учетом корреляционного анализа (Спирмена, Кендалла, Гамма корреляция), методом анализа иерархий, путем построения логистической регрессии и ROC-анализ. Для расчетов были использованы программы: Statistica версия 8.0 и Deductor версия 5.2 (BaseGroup Labs).

Основная цель мат.анализа - стремление снизить влияние человеческого субъективного мнения эксперта на итоговый смысловой результат. Алгоритм статистического анализа заключался в следующем: 1) Определение значимости параметров, влияющих на ПЗ с помощью перечисленных выше методов; 2) Выбор наиболее значимых параметров; 3) Расчет ПЗ по выбранным параметрам методами перечисленными выше; 4) Построение карт ПЗ, согласно полученным результатам; 5) Сравнительный анализ полученных карт ПЗ.

Определение значимости различными методами математической статистики выявило наиболее значимые параметры ПЗ. Для надьюрского водоносного горизонта это мощность моренных отложений ( $m$ ), для подольско-мячковского водоносного горизонта – мощность юрских отложений ( $m$ ) и разность напоров ( $\Delta H$ ).

Искомая переменная (ПЗ) является категориальной, с множеством исходных параметров, и поэтому не может быть оценена линейными методами анализа. Одним из наиболее популярных и достоверных методов многомерной статистики является логистическая

регрессия и ROC-анализ. Данный метод до сих пор широко использовался только в экономике, финансах и медицине (Davis, Goadrich, 2006; Fawcett, 2004; Zweig, Campbell, 1993).

Этот метод гораздо глубже анализирует результаты качественной оценки. На основе параметров, участвующих в формулах (2,3), методом максимального правдоподобия строится логистическая регрессия, которая уже сама по себе представляет принципиально новую модель, основанную не на балльной оценке, а на подборе наиболее значимых и объясняющих переменных для расчетных точек. Точность и достоверность этой модели проверяется построением ROC-кривой. Чем ближе кривая к верхнему левому углу, тем выше предсказательная способность модели (рис.4).

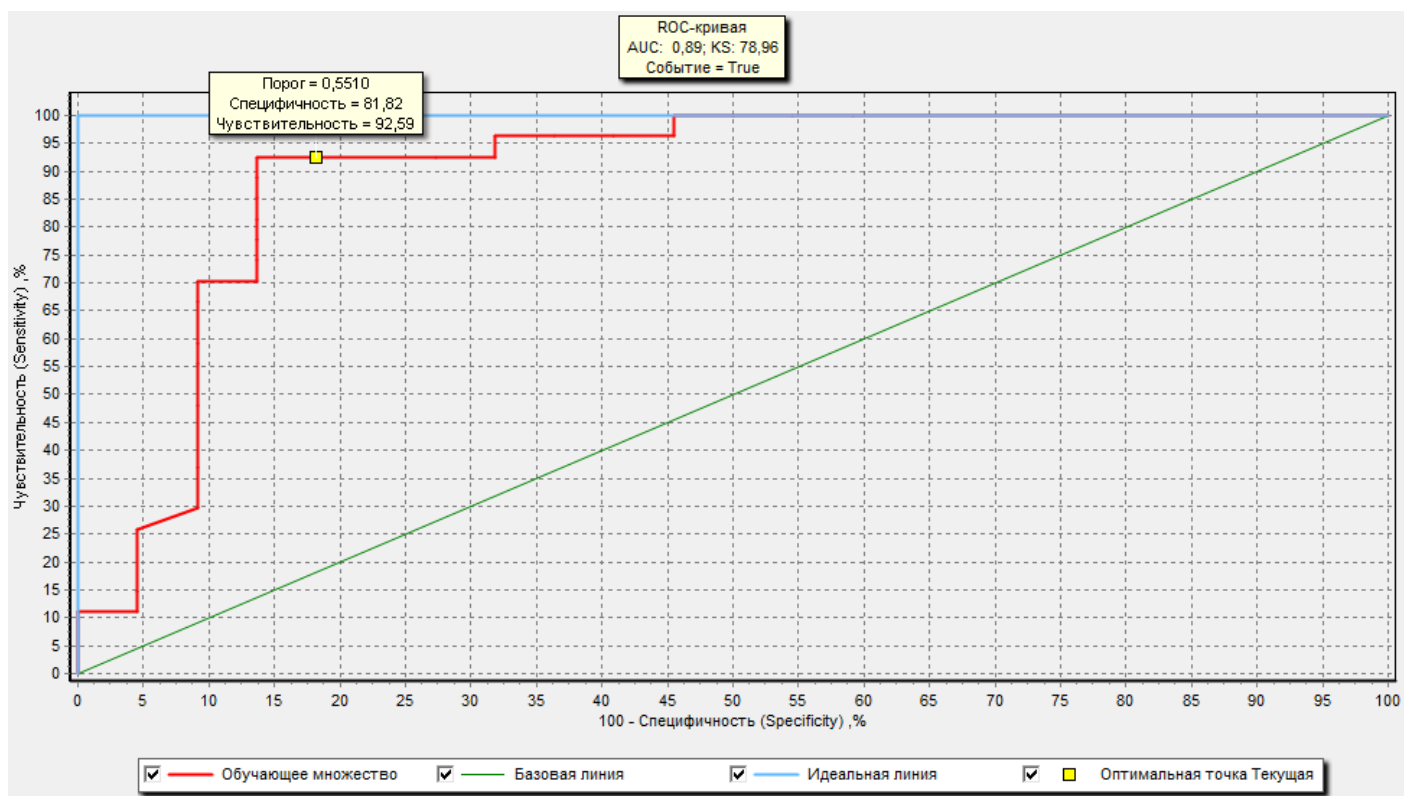
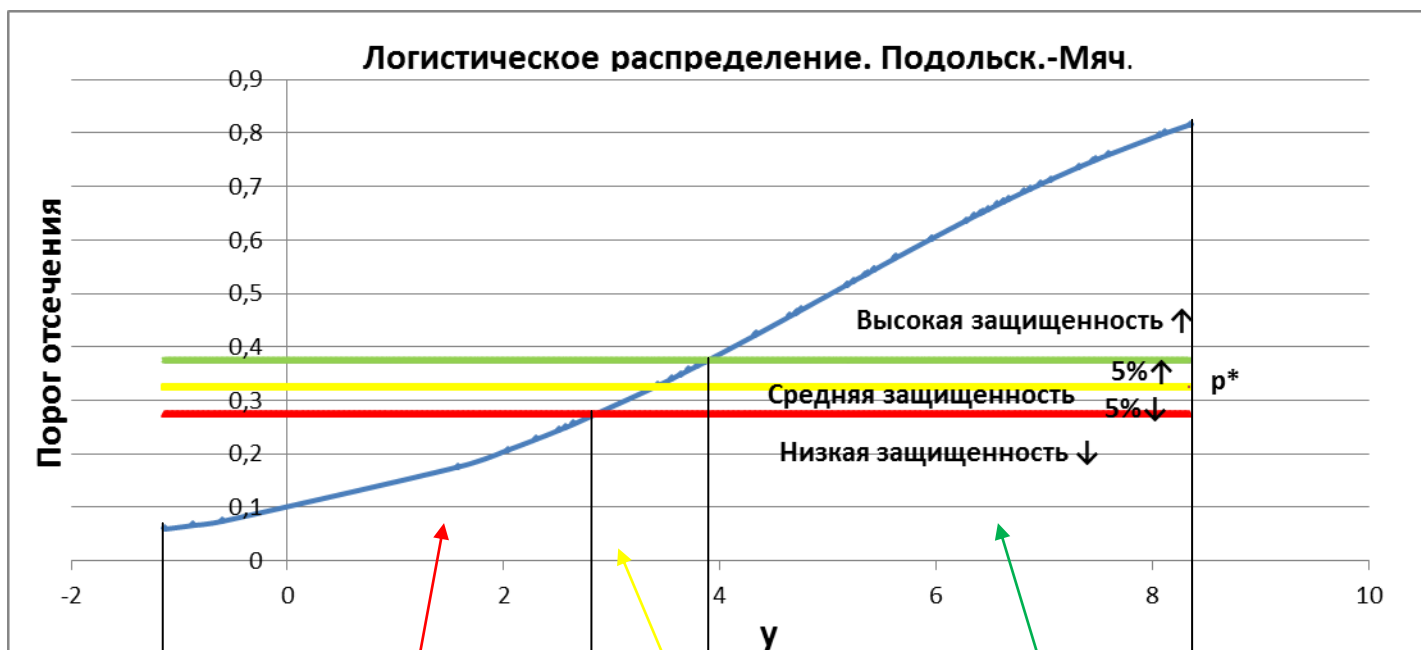


Рис.4. График ROC-кривой построенной в программе Deductor для надьюрского водоносного горизонта.

Затем строится график логистического распределения, на котором можно выделить пороговые значения для различных степеней защищенности подземных вод. (рис.5).





Пойма р. Москвы и Баньки, руч. Вороний Брод, ГГО

I - III надпоймен. террасы р. Москвы и поймы р. Баньки

Моренно-флювиогляциальная равнина, водораздел

Рис. 5. График логистического распределения для надъюрского водоносного горизонта.

5%-ое отступление соответствует среднему квадратичному отклонению (т.е. погрешности при расчетах) и, согласно геологическим данным, диапазону точек со средней защищенностью (1000-5000 суток). Естественно, что при других гидрогеологических условиях этот диапазон может варьироваться.

По итогам проведения статистического анализа были составлены карты ПЗ. Интервалы различной степени защищенности, полученные статистическими методами, представлены в таблице ниже:

| Водоносный горизонт  | Метод экспертных оценок, баллы |                     | Логистическая регрессия, значение у | Оценка защищенности | Цвет    |
|----------------------|--------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------------|---------|
|                      | Без учета корреляции           | С учетом корреляции |                                     |                     |         |
| Подольско-мячковский | 13-19                          | 27-35               | 3,87-8,35                           | Защищенная зона     | Зеленый |
|                      | 7-12                           | 13-26               | 2,65-3,86                           | Условно защищенная  | Желтый  |
|                      | 0-6                            | 0-12                | -1,13-2,64                          | Незащищенная        | Красный |
| Надъюрский           | 7-10                           | 11-15               | 0,92-3,08                           | Защищенная зона     | Зеленый |
|                      | 4-6                            | 6-10                | -1,03-0,91                          | Условно защищенная  | Желтый  |
|                      | 0-3                            | 0-5                 | -12,4-(-1,04)                       | Незащищенная        | Красный |

Количественная оценка проводилась с помощью тех же формул (2,3) и заключалась в расчете времени достижения загрязняющих веществ до исследуемого водоносного горизонта (единица измерения: сутки). Подобная оценка защищенности широко известна, используется с теми или иными нюансами для определения границ третьего пояса зоны санитарной охраны

подземного водозабора (СанПиН 2.1.4.1110-02) и отдельными авторами (Гольдберг В.М., Гавич И.К., Белоусова А.П., Миняева Ю.В. и др.). За основу автором была взята методика (расчет времени и районирование территории по степени защищенности), которая разработана коллективом сотрудников ИГЭ РАН под руководством И.В. Галицкой, и активно используется на практике.

Карты ЗП, составленные по результатам количественной оценки можно считать наиболее обоснованными, т.к. использовались фондовые геологические данные, и проводились наиболее достоверными широко используемыми методами.

Затем сравнивались карты ПЗ полученные различными методами (карты количественной оценки брались за эталон). Метод экспертных оценок показал высокие результаты в условиях дефицита информации для оценки защищенности надъяурского водоносного горизонта. Для подольско-мячковского водоносного горизонта наилучшие результаты оказались у карты построенной с помощью логистической регрессии.

Естественно, что наиболее результативным и обоснованным анализом является количественный, но для него требуется множество исходных данных, в т.ч. бурение, что заметно увеличит стоимость и время анализа. В рамках СТП целесообразнее остановиться на проведение статистического анализа (логистическая регрессия и ROC – анализ). Такой анализ подходит для стадии СТП, где обычно требуется разработка схем в масштабе 1:10000-25000 со сроком сдачи от 3 до 9 месяцев. А выделенные наиболее неблагоприятные зоны следует рассматривать подробнее на следующих стадиях проектирования в более крупном масштабе.

#### *Составление карты ТН в штатных условиях.*

За основу анализа ТН были взяты космические снимки Красногорского района, отображающие реальную ситуацию, а также карты, разработанные ГУП НИиПИ Генпланом Москвы. Таким образом, выделение зон различной ТН проводилось в зависимости от функционального назначения территории, анализа материалов дистанционного зондирования и по зонам ограничений использования, т.е. метод оценки ТН основан как на качественном анализе (метод экспертных оценок на основе фондовых материалов), так и на количественном (по рассчитанным зонам ограничения использования).

Зависимость ТН от функционального зонирования территории была установлена и обоснована еще ДПиООС и Минприроды Москвы при многолетних исследованиях загрязнения почв, поверхностных и грунтовых вод Москвы и МО (1998-2007 гг.). На основании этих исследований аналогично была районирована и территория Красногорского района. Критерием выделения зон ТН является суммарный показатель загрязнения химическими веществами почв, поверхностных и грунтовых вод.

Сводный анализ ТН Красногорского района приведен в таблице ниже:

| Функциональное зонирование                                | Краткая характеристика техногенного воздействия   | Географическая привязка   | Оценка ТН   |                                      |        |
|---|---|---|---|--------------------------------------|--------|
|   |   |   | Способ выделения  | Ранг                                 | Цвет   |
| Промышленные и коммунальные зоны, замусоренные территории | Загрязненность пов. и подз. вод (в первую очередь грунтовых: нефтепродуктами, тяж. и цв. металлами, хлоридами и др.). составляет 1-10 ПДК. Наличие негативных геол. процессов техногенного происхождения: – подтопление, иссушение, карст и др. Кардинальное преобразование ландшафта: изменение рельефа, нарушение целостности слоев, запечатывание поверхности и т.д. | 1. <i>Крупная промышленная агломерация:</i> г. Красногорск - пос. Новый - дер. Гольево .<br>2. <i>Крупные отдельные участки:</i> участок западнее деревни Гаврилково, пос. Нахабино, пос. Инженерный-1,<br>3. <i>Небольшие участки:</i> дер. Гаврилково, пос. Мечникова, пос. Архангельское                       | В пределах промзон, в границах СЗЗ, согласно схеме №1.1, по космоснимкам  | Высокая степень техногенной нагрузки | Purple |
| Линейные объекты  | карст и др. Кардинальное преобразование ландшафта: изменение рельефа, нарушение целостности слоев, запечатывание поверхности и т.д.   | 1. <i>Крупные автомобильные магистрали:</i> Волоколамское шоссе, Ильинское шоссе, Пятницкое шоссе, Путиловское шоссе, Автодорога «Балтия»;<br>2. <i>Местные автомобильные проезды;</i><br>3. <i>Региональные железные дороги:</i> Рижское направление МЖД;<br>4. <i>Местные железнодорожные пути в промзонах.</i> | В пределах красных линий магистралей, по зоне ПДК от автодорог, по зоне вибрации от железных дорог, согласно схеме №1.1 | Высокая степень техногенной нагрузки |        |
| Зона капитальной застройки                                | Загрязненность пов. и подз. вод (в первую очередь грунтовых: нефтепродуктами, хлоридами, железом и др.) может составлять 1-5 ПДК. Наличие негативных геол. процессов техногенного происхождения: – подтопление, иссушение, карст и др. Преобразование ландшафта: изменение рельефа, нарушение целостности слоев, запечатывание поверхности и т.д.                       | 1. <i>Крупные населенный пункты:</i> г. Красногорск, пос. Нахабино;<br>2. <i>Населенные пункты средней площади:</i> пос. Архангельское, село Ильинское, деревни Козино-Нефедьево-Желябино;<br>3. <i>Отдельные населенные пункты небольшой площади;</i>  | В пределах застройки.   | Средняя степень техногенной нагрузки | Red    |
| Кладбища  | Загрязненность пов. и подз. вод (в первую очередь грунтовых: азотсодержащими ионами, органикой) может составлять 1-5 ПДК. Преобразование ландшафта.   | Митинское, Пенягинское, Тимошкинское, Нахабинское, Козинское.   | В пределах кладбищ  | Средняя степень техногенной нагрузки |        |
| Территории и сельскохозяйственного типа                   | Загрязненность пов. и подз. вод (в первую очередь грунтовых: пестициды, мин. вещества, органика, патогенная микрофлора) может составлять 1-5 ПДК. Преобразование ландшафта.   | 1. <i>Садово-дачные участки:</i> СНТ «Росинка», «Зарница», «Надежда» и др.;<br>2. <i>Пашни;</i>   | В пределах распространения  | Средняя степень техногенной нагрузки |        |
| Рекреационные территории                                  | Нет превышений ПДК загрязняющих веществ, естественные геол. процессы, изменения ландшафта отсутствуют или незначительны   | 1. Земли лесного фонда;<br>2. Зеленых насаждений общего пользования;<br>3. Объектов специального назначения;<br>4. Объектов отдыха и спорта.  | В пределах распространения  | Низкая степень техногенной нагрузки  | Yellow |

### *Составление карты ТН в условиях ЧС.*

Аналогичные исследования были проведены для условий ЧС. Для районирования использовались различные зоны ограничения использования, связанные с техногенными и природными катастрофами: зона 1% паводка, зона детонации от газопроводов, зона от взрывов и разливов топлива на АЗС, автомобильных и железнодорожных цистерн.

Критерием выделения зон ТН при ЧС являлись виды воздействия: прямо или косвенно влияющие на загрязнение подземных вод. Зона детонации от газопровода влияет косвенно, т.к. сама детонация, сотрясение и выброс газа не загрязняет подземные воды, но нарушаются прочностные характеристики грунтов, что увеличивает проницаемость, к тому же ближайшие подземные коммуникации и техногенные объекты могут повредиться и стать источниками прямого загрязнения. Прямое же воздействие касается всех остальных зон ограничения использования, которые, как источники загрязнения, непосредственно влияют на химический состав подземных вод.

### *Составление карты ГГЭН.*

Данная карта является итоговым графическим результатом гидрогеоэкологического обоснования. Путем совмещенного анализа (Мунн, 1983) карты ПЗ и карты ТН можно выявить зоны ГГЭН. Составляется матрица, определяемая различными цветами (рис. 6).

Данная матрица представляет собой упрощенную версию матрицы Лепольда. Упрощения требовалось для возможности изображения информации на графических картах. Следовательно, цвет зон ГГЭН имеет сложную характеристику, включающую в себя характеристики зон двух совмещенных карт (ПЗ и ТН) и некоторые новые значения, о которых речь шла выше:

- собственно ГГЭН, отображающее экологическое состояние подземных вод, складывающееся из степени оказываемой ТН, и степени ПЗ;
- относительную вероятность возникновения негативных гидрогеоэкологических процессов;
- установку особого природоохранного режима использования территории в зависимости от степени ГГЭН;
- экономическая эффективность при освоении данной территории с учетом мероприятий по реабилитации, защите и охране подземных вод, критерии которой будут разрабатываться в последующем.

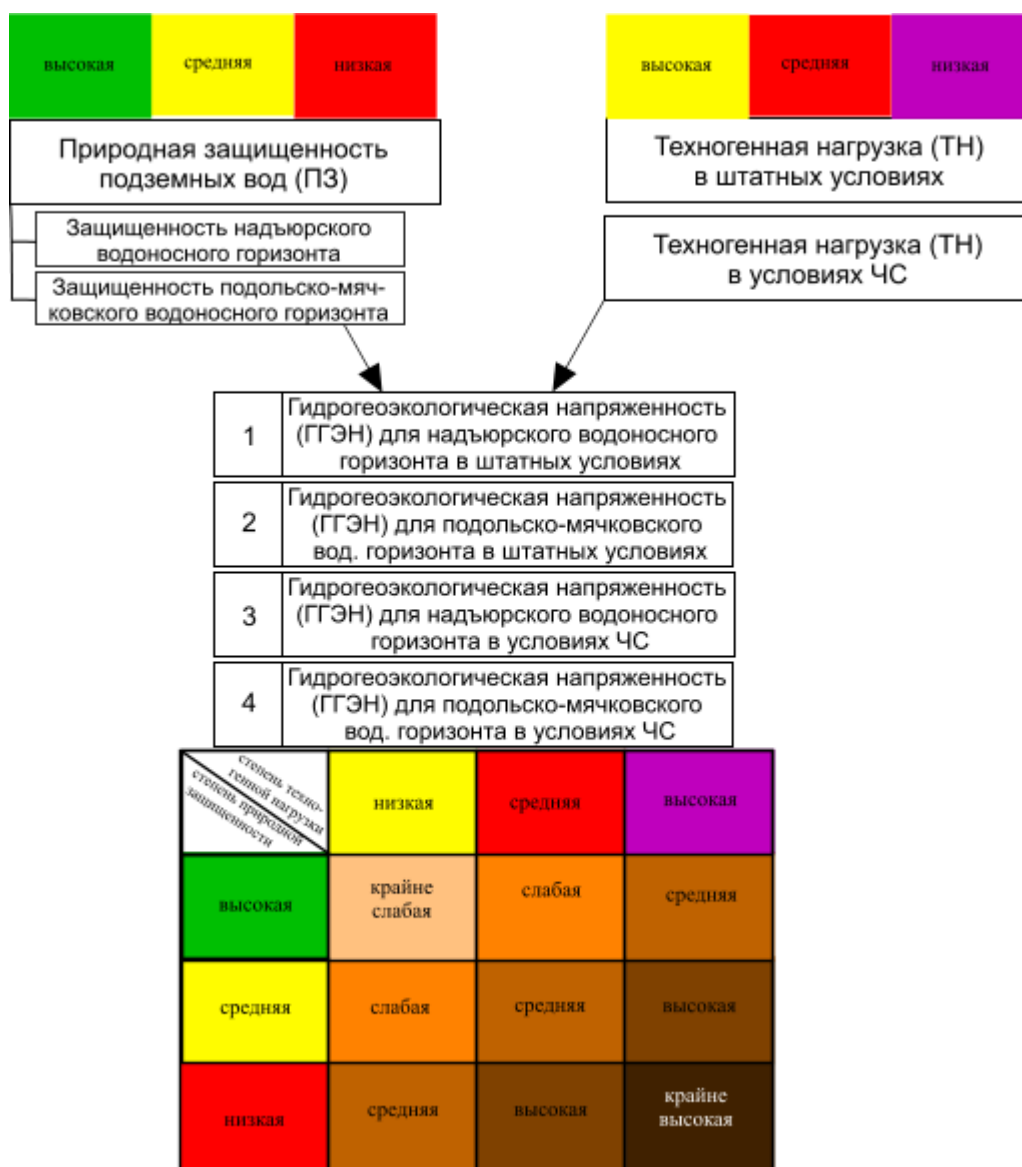


Рис.6. Матрица ГГЭН

*Составление карты линеаментов*

Линеаменты отражают тектонические или унаследовано развивающиеся в новейшее время разрывы, флексурно-разрывные зоны, зоны повышенной трещиноватости и иные зоны повышенных деформаций и проницаемости литосферы (Кац, Полетаев и др., 1986; Макаров, 1981). Экологическое же значение линеаментов состоит в том, что они являются природными индикаторами повышенной микротрещиноватости и проницаемости участков малоамплитудных тектонических подвижек. Всё это связано с особенностью структуры и свойствами геологической среды и представляют собой зоны потенциальной опасности развития неблагоприятных процессов и особенно миграции и загрязнения подземных вод при техногенном воздействии, т.к. служат зонами преимущественного перемещения токсических веществ.

Линеаменты имеют взаимосвязь с гидрографическими объектами. Реки протекают по ослабленным в той или иной степени зонам, т.к. водный поток в силу физических законов

размывает, прежде всего, нарушенные литологические слои, обладающие слабой геодинамической устойчивостью (Объедков, 1993). Таким образом, облик линеаментов формируется спрямленными участками речных долин. При этом эти участки закономерно ориентированы и сгруппированы в более или менее узкие зоны, которые и являются линеаментами. Линеаменты, как ослабленные зоны земной коры, являются причиной заложения именно здесь ложбин, по которым развились и современные реки. Реки, в свою очередь, развивая свои долины, способствуют разуплотнению разделяющих толщ гидрогеологического разреза, что так же усиливает нисходящее перетекание.

Из этого следует, что линеаменты и, особенно, участки их сочленения или пересечения, т.е., так называемые, узловыe структуры и зоны с низкой ПЗ должны совпадать, что подтверждается проведенными исследованиями.

Практическая значимость линеаментного анализа заключается в подтверждение ранее обнаруженных и обозначение новых участков ПЗ. Есть смысл проводить данный анализ в рамках СТП для предварительной оценки ПЗ подземных вод района. К тому же линеаментный анализ не требует серьезных материальных и временных затрат.

#### **IV. Анализ результатов и описание разработанных карт.**

*Карты природной защищенности подземных вод.* Во всех картах ПЗ прослеживается общая тенденция формирования зон защищенности на территории. В частности зоны наименее защищенные тяготеют к южной и юго-восточной части района и приурочены к поймам крупных рек (прежде всего р. Москва, а также р. Банька, руч. Вороний Брод), где имеются гидрогеологические окна, а наиболее защищенные – к северной и северо-западной части района и приурочены к водоразделам, характеризующимся мощной зоной аэрации и мощным региональным водоупором (рис. 7).

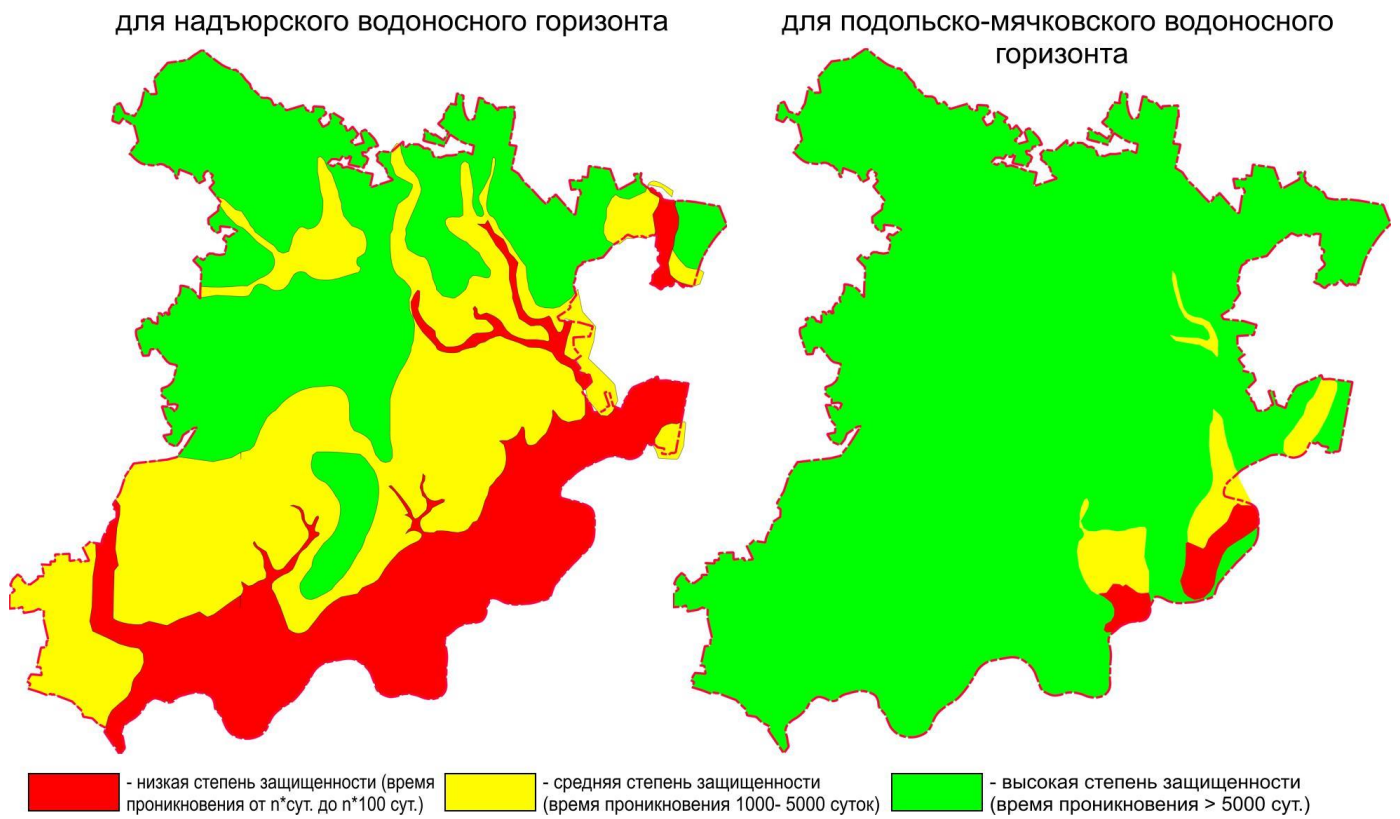


Рис. 7. Карты количественной оценки ПЗ подземных вод

*Карты техногенной нагрузки.* ТН в штатных условиях приурочена к крупным населенным пунктам, имеющим обширные селитебные и промышленные территории (г. Красногорск, пос. Нахабино), и линейным объектам районного значения (Волоколамское ш., Пятницкое ш., Ильинское ш., а/д «Балтия», Рижское направление МЖД). Просмотр химических анализов подтвердил негативное влияние именно этих частей селитебной территории на грунтовые воды (рис. 8).

ТН в условиях ЧС в основном приурочена к зоне 1% паводка, как наиболее опасного и значительного (по объему и площади) явления с точки зрения химического и биологического загрязнения подземных вод, в соответствии с данными МЧС. Также сюда относятся вышеназванные линейные объекты и промышленные предприятия, имеющие обширные санитарно-защитные зоны (рис. 8).

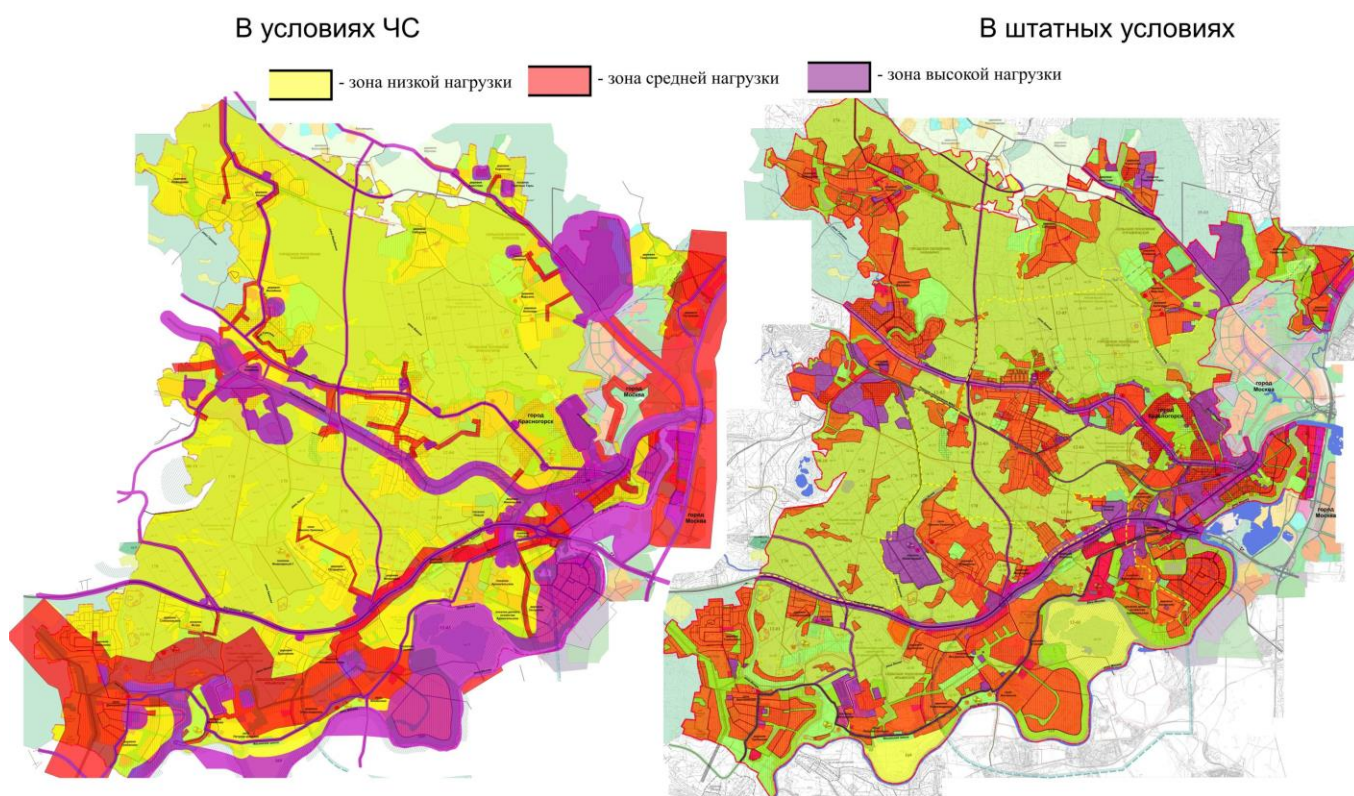


Рис. 8. Карта ТН Красногорского района

*Карты гидрогеоэкологической напряженности.* Согласно проведенному районированию, наиболее напряженными зонами являются области наложения промышленных объектов и ГГО (8 техногенных объектов: г. Красногорск, пос. Архангельское, пос. Нахабино, деревни Гольево, Ангелово, Воронки, трассы: Волоколамское ш., а/д «Балтия» и 3 гидрографических: р. Москва, Банька, руч. Вороний Брод) и составляют от 5,5% до 25% от всей площади района при различных условиях. Самая напряженная ситуация характерна для условий ЧС (рис. 9).



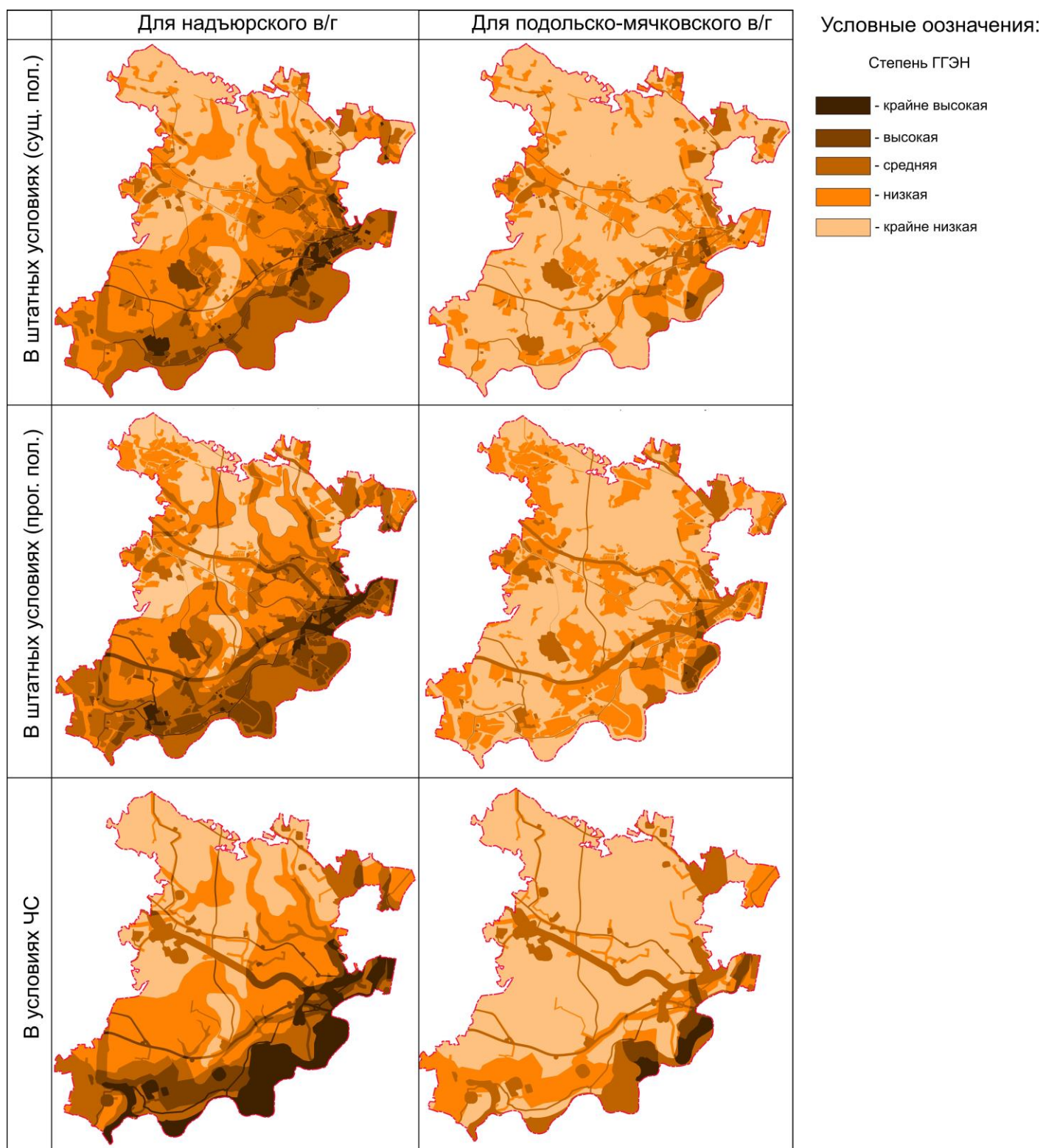


Рис. 9. Карта ГГЭН Красногорского района

*Линеаментный анализ* Красногорского района показал, что существует взаимосвязь линеаментов и зон высокой ГГЭН, которая выражена в совпадение большинства линеаментных и узловых структур с областями распространения ГГО (рис. 10). Для более точного подтверждения поставленной задачи в дальнейшем необходимо провести работы по выявлению зон миграции газовых флюидов и зон микротрещиноватости.

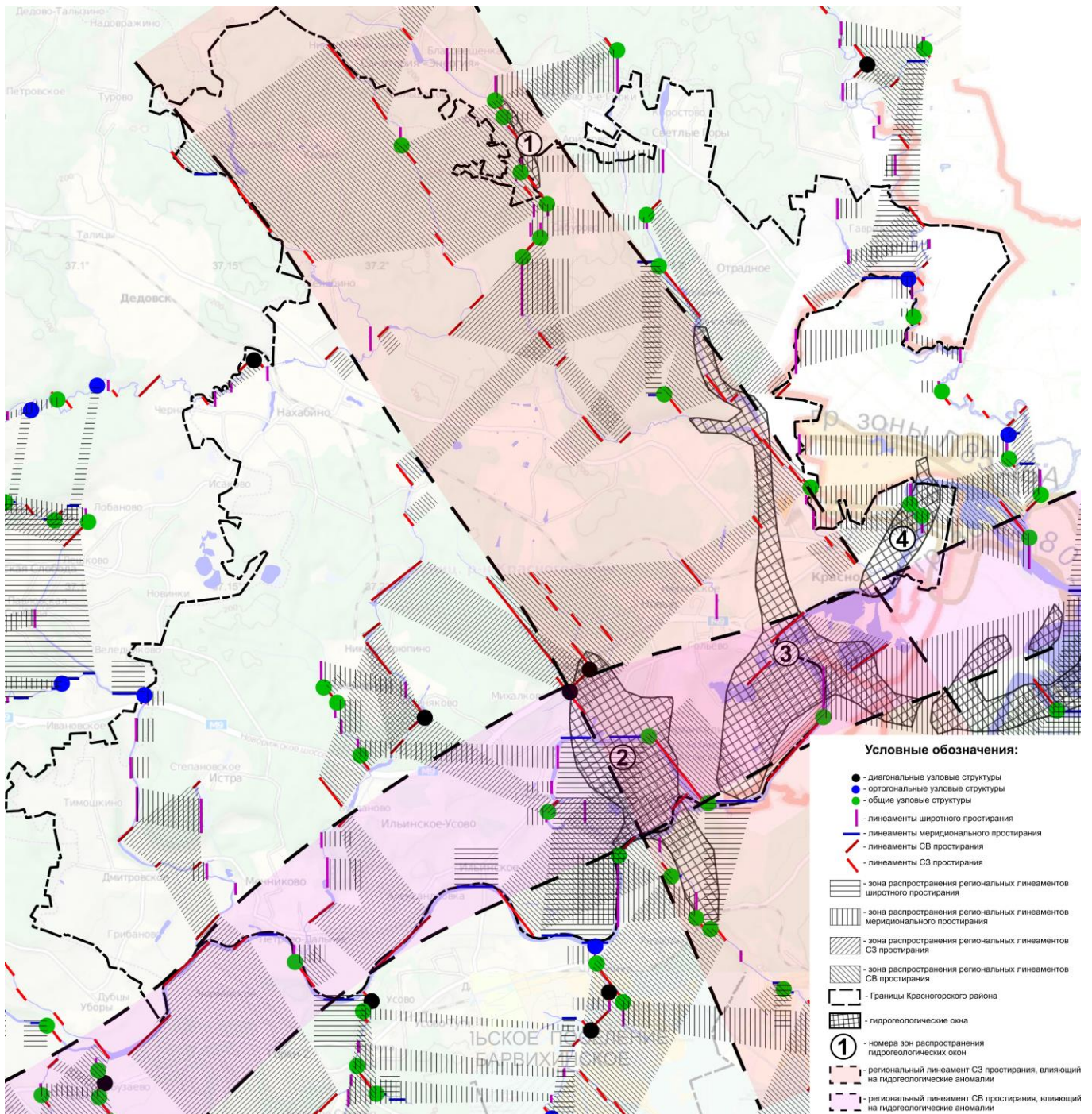


Рис. 10. Схема сопоставления ГГО и линеamentных структур.

## V. Заключение

Получены следующие результаты:

- Высокая степень гидрогеологической изученности Красногорского района в средних масштабах позволили наиболее полно описать существующую гидрогеоэкологическую обстановку и провести гидрогеоэкологическое обоснование для СТП. Анализ существующего положения показал, что в районе есть предпосылки развития неблагоприятной гидрогеоэкологической ситуации, которые заключаются в наличии ГГО на территориях,

имеющих крупные техногенные объекты, и пониженный уровень напора эксплуатируемых водоносных горизонтов.

- Риск развития неблагоприятной гидрогеоэкологической обстановки говорит о необходимости проведении дополнительных исследований и включения их в состав обязательных инженерных изысканий.

- Проведен сравнительный гидрогеоэкологический анализ различных районов Московской области и Москвы. Дана количественная оценка техногенной нагрузки Красногорского района. Данный анализ показал, что Красногорский район является буферной зоной между Москвой и областью. На перспективу техногенная нагрузка значительно увеличится (в 3,5 раза), что связано с ростом численности населения района на 237% (с 181,5 тыс. чел. до 429,6 тыс. чел.) в период с 2009 по 2025 гг.

- Разработан перечень и порядок применения методов гидрогеоэкологического обоснования СТП Красногорского района, которые применимы и к другим районам МО. Обоснование заключается в последовательном анализе существующей и прогнозной гидрогеоэкологической обстановки территории: 1) Сравнительный анализ территории на региональном уровне; 2) Качественная (балльная) оценка ПЗ подземных вод и ТН с помощью метода экспертных оценок; 3) Полуколичественная оценка ПЗ с помощью статистических методов; 4) Количественная (уточненная) оценка ПЗ подземных вод в виде расчета времени достижения загрязняющих веществ до исследуемого водоносного горизонта; 5) Определение ГГЭН с помощью совмещенного анализа (формирование матрицы); 6) Линеаментный анализ территории различного масштаба; 7) Ряд дополнительных и вспомогательных методов (картографический анализ, оценка экономической эффективности и др.).

- Проведенная оценка ПЗ подземных вод Красногорского района, позволила районировать территорию на отдельные зоны по степени защищенности, которые в целом схожи с зонами благоприятности для строительства, разработанными в рамках СТП Красногорского района. К наиболее неблагоприятным зонам относятся поймы крупных рек (прежде всего р. Москва, а также р. Банька, руч. Вороний Брод), где имеются гидрогеологические окна. Устойчивые участки приурочены к водоразделам, характеризующимся мощной зоной аэрации и мощным региональным водоупором.

- Проведенная количественная оценка защищенности надьюрского и подольско-мячковского водоносных горизонтов позволила уточнить карту качественной оценки ПЗ и доказала несостоятельность совместного анализа параметров относящихся к различным водоносным горизонтам. Оценка основывалась на известных методах, разработанных В.М. Гольдбергом и В.М. Шестаковым и заключалась в расчете времени достижения загрязняющими веществами до исследуемого водоносного горизонта.

- Проведенная полуколичественная оценка ПЗ и последующий сравнительный анализ различных карт защищенности показала, что наиболее достоверным методом гидрогеоэкологического анализа в условиях дефицита информации, времени и финансирования для СТП является статистический метод построения логистической регрессии и ROC-кривой.

- Разработан ряд карт и легенд к ним, позволяющий объективно оценить сложившуюся гидрогеоэкологическую обстановку и произвести прогноз ее изменения. Для этого был введен специальный термин «гидрогеоэкологическая напряженность» и разработана одноименная карта. Выявлена зависимость – при увеличении ТН увеличивается ГГЭН рассматриваемой территории, а с увеличением ПЗ – ГГЭН падает. Разработка карт основывалась на методе совмещенного анализа.

- Также сформулированы и предложены общие рекомендации для составления СТП районов Московской области, которые кратко заключаются в следующем: 1) Рассмотрение и анализ генеральных планов не должен ограничиваться административными границами района, что обусловлено масштабом, природными особенностями и зонами ограничения использования; 2) Необходимо совершенствовать качество сдаваемых материалов с помощью ГИС-технологий, и создать единый сетевой банк данных, где графическая информация будет постоянно обновляться; 3) Корректировка в СТП природоохранных зон, связанных с подземными водами: ВОЗ, ПЗП, ЗСО; 4) Формирование новых природоохранных зон, в качестве альтернативы корректировки водоохранных зон (тем более в Красногорском районе отсутствуют природоохранные зоны); 5) Внесение зоны высокой ГГЭН и ГГО в перечень объектов территориального планирования, требующих отдельного рассмотрения. Таким образом, из-за сходных проблем данная работа актуальна и для других районов Подмосковья и Новой Москвы.

- Проведены прогнозные оценки развития сложившейся в Красногорском районе гидрогеоэкологической обстановки, где выделены неблагоприятный и благоприятный сценарии развития. Важными факторами, влияющими на гидрогеоэкологическую обстановку района, являются: в штатном режиме – состояние эксплуатируемых водоносных горизонтов на территории района (напоры, химический состав и др.), в режиме ЧС – 1 % паводок р.Москвы. Рекомендуется переход наиболее крупных поселений на поверхностные источники питьевого водоснабжения, в соответствии со Стратегией развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2030 года.

- Выявлена общая региональная особенность: ГГЭН возрастает при приближении к областному центру – г. Москве, через города спутники (в данном случае через г.Красногорск и пос. Нахабино), что связано с увеличивающейся ТН урбанизированных территорий.

- Установлена зависимость между линеаментными структурами и ГГО. Линеаментный анализ позволил выделить пространственные совпадения ГГО и региональных линеаментных узловых структур.

#### **VI. Список опубликованных работ по теме диссертации**

1. Караковский В.В. Оценка геоэкологической обстановки Красногорского района с помощью линеаментного анализа // Сборник научных трудов SWorld. – Выпуск 3. Том 51. – Одесса: Куприенко СВ, 2013, с.58-62.
2. Караковский В.В. Оценка защищенности подземных вод Красногорского района Московской области / Сергеевские чтения. Устойчивое развитие: задачи геоэкологии (инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические аспекты). Российская академия наук. – М.:2013, вып.15, с. 401-405.
3. Караковский В.В. Обоснование методики геоэкологической оценки территории Красногорского района // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2011». Том 13. Экономика, Туризм и рекреация, География, Геология. – Одесса: Черноморье, 2011, с.102-104.
4. Караковский В.В. Геоэкологическая обстановка Красногорского района в условиях чрезвычайной ситуации //Обеспечение безопасности в чрезвычайных ситуациях: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. Ч. III. с.46-51.
5. Караковский В.В. Результативность линеаментного анализа при изучении гидрогеологических условий Красногорского района Подмосковья // Актуальные проблемы региональной геологии и геодинамики: XV Горшковские чтения. Материалы конференции, посвященной 104-й годовщине со дня рождения Г.П. Горшкова (1909-1984). МГУ, 26 апреля 2013 г./ Под ред. профессора Н.В. Короновского. – М.: МГУ, с.18-23.
6. Караковский В.В. Оценка геоэкологической обстановки Красногорского района (Московская область) с помощью линеаментного анализа. Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – Москва: 2014. №2. с.50-55.
7. Караковский В.В. Новое представление о геоэкологической напряженности. Евразийский союз ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. – Москва: 2014. №4(12). Часть 6. с.123-125
8. Орлов М.С., Караковский В.В., Штенгелов Р.С. О геоэкологическом обосновании схем территориального планирования. Геополитика и экогеодинамика регионов.

Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского. Симферополь: 2014.  
Том 10, № 2, с. 565-569.

9. Караковский В.В. Алгоритм геоэкологического анализа схем территориального планирования районов Подмосковья // Научные труды SWorld. Выпуск 4(41). Том 15. – Иваново: Научный мир, 2015, с.26-30.
10. Караковский В.В. Алгоритм геоэкологического обоснования схем территориального планирования районов Подмосковья (на примере Красногорского района) / Сергеевские чтения. Инженерная геология и геоэкология. Фундаментальные проблемы и прикладные задачи. Вып. 18. Материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24-25 марта 2016 г.). Москва: РУДН, 2016, с. 749-753.