



Р.Г. Джамалов
д-р геол.-мин. наук
академик РАН
Институт водных проблем РАН¹
заведующий лабораторией
гидрогеологических проблем охраны
окружающей среды
roald@iwp.ru



Ф.Б. Егоров
ГПБУ «Мосэкомониторинг»²
начальник геологической службы
f.egorov@me.com



А.Д. Гричук
ГПБУ «Мосэкомониторинг»²
ведущий аналитик геологической
службы
sgrichuk@yandex.ru

Современная изученность, состояние и перспективы использования ресурсов подземных вод Новой Москвы*

¹Россия, 119333, Москва, ул. Губкина, 3.

²Россия, 119991, Москва, ул. Новый Арбат, 11 с. 1.

Рассмотрена гидрогеологическая изученность, современное состояние и перспективы использования ресурсов подземных вод для водоснабжения интенсивно развивающихся территорий Новой Москвы. Приведены основные результаты последних работ по оценке ресурсного потенциала подземных вод Новой Москвы с учетом планов градостроительного освоения, сложившейся и прогнозной гидродинамической и водохозяйственной обстановки и качества подземных вод

Ключевые слова: подземные воды; водоснабжение; ресурсы; Новая Москва

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 17-05-00518 А.

В соответствии с решением правительств г. Москвы и Московской области от 30.07.2011 и постановлением Совета Федерации ФС РФ от 27.12.2011 № 560-СФ, к г. Москве присоединена территория Московской области площадью 144,6 тыс. га. Территория расположена к югу и юго-западу от МКАД и включает в себя земли, ранее принадлежавшие Подольскому, Ленинскому и Наро-Фоминскому районам Московской области, в состав Москвы вошли города Троицк, Московский, Щербинка. На присоединенной территории образованы два административных округа: Троицкий и Новомосковский (ТиНАО).

Рассматриваемая территория характеризуется сравнительно слабой степенью урбанизации, здесь проживает около 300 тыс. человек (2% населения Москвы), фонд недвижимости составляет порядка 16 млн м², около половины территории занято лесами. В настоящее время водоснабжение Новой Москвы преимущественно обеспечивается за счет эксплуатации подземных вод с общим водоотбором около 140 тыс. м³/сут. Добыча подземных вод ведется на участках месторождений. Примыкающие ко МКАД районы получают поверхностную воду из системы Мосводопровода.

В соответствии с Генеральным планом развития новых территорий на территории Троицкого и Новомосковского округов до 2035 г. должно быть введено более 100 млн м² недвижимости, 700 км дорожной сети, организовано около 1 млн рабочих мест, планируемое увеличение населения составляет 1,2 млн человек [5]. На территории Новой Москвы предусматривается строительство и реконструкция водопроводных регулирующих и водозаборных узлов, водопроводной сети и поэтапный перевод местных систем водоснабжения на базе подземных вод на централизованную систему. Расчетное водопотребление по ТиНАО определено к 2035 г. в объеме 348 тыс. м³/сут, в том числе по Новомосковскому округу – 206 тыс. м³/сут, по Троицкому – 142 тыс. м³/сут (*табл. 1*).

Водоснабжение потребителей Новомосковского административного округа предполагается обеспечить от системы Мосводопровода

практически полностью. Эта территория находится в зоне действия запланированной к реконструкции Западной станции водоподготовки. Водоснабжение Троицкого округа планируется частично от системы Мосводопровода в объеме 60 тыс. м³/сут (поселения Первомайское, Краснопахарское и Вороновское) и местных подземных вод в количестве 82 тыс. м³/сут. Мероприятия по реконструкции всех городских водозаборов в Новомосковском округе и части водозаборов в Троицком планируются переоборудовать для подачи поверхностной воды из Мосводопровода.

В гидрогеологическом отношении Новая Москва расположена в южной части Московского артезианского бассейна, сложного комплекса осадочных пород палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов (*рис. 1*). Территория находится в зоне достаточного увлажнения, и подземные воды получают здесь соответствующее инфильтрационное питание.

Водоносные горизонты в мезозойско-четвертичных отложениях на изучаемой территории в связи с низкими фильтрационными свойствами и подверженностью антропогенному загрязнению не перспективны для организации централизованного водоснабжения. Они используются в основном ограниченно в сельской местности с помощью колодцев и мелких скважин. Однако подземные воды этих горизонтов верхнего гидрогеологического этажа играют важную роль в формировании ресурсов подземных вод каменноугольных горизонтов и определяют инженерно-геологические условия территории.

Для централизованного водоснабжения в Новой Москве используются подземные воды подольско-мячковского, каширского и алексинско-протвинского водоносных горизонтов каменноугольных отложений (*рис. 1*). Коллекторские свойства этих горизонтов здесь достаточно высокие и позволяют сооружать эксплуатационные скважины с дебитами 1000 м³/сут и более и организовывать групповые водозаборы. Однако значительная часть территории Новой Москвы расположена на водораздельных пространствах, где каменноугольные горизонты

Таблица 1.

Расчетное водопотребление ТиНАО г. Москвы на 2035 г. по данным Генплана

Административный округ	Расчетное водопотребление, тыс. м ³ /сут		
	из подземных вод	из поверхностных вод (Мосводопровод)	Всего
Новомосковский	–	206	206
Троицкий	82	60	142
Итого	82	236	348

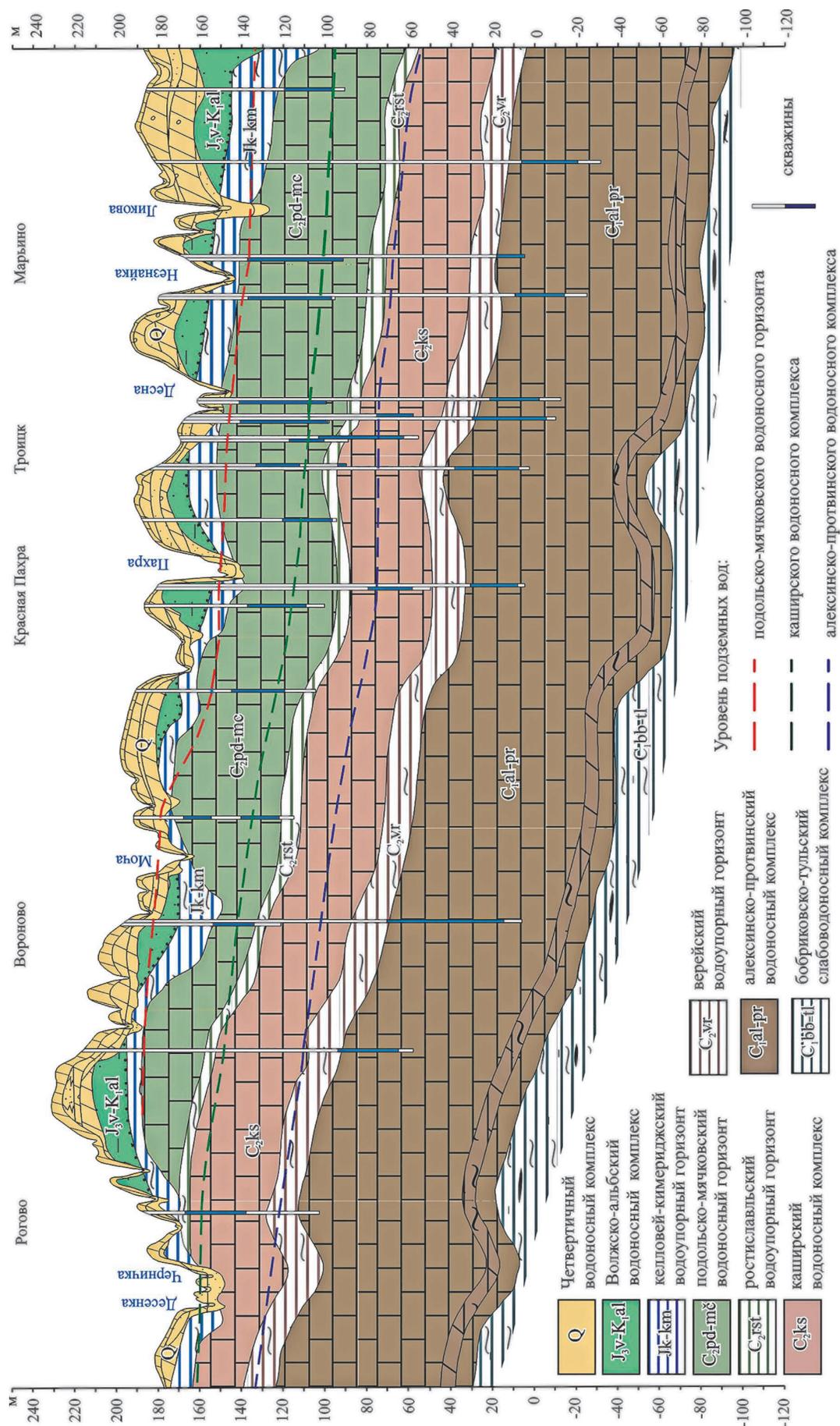


Рис. 1.
Схематический гидрогеологический разрез Новой Москвы

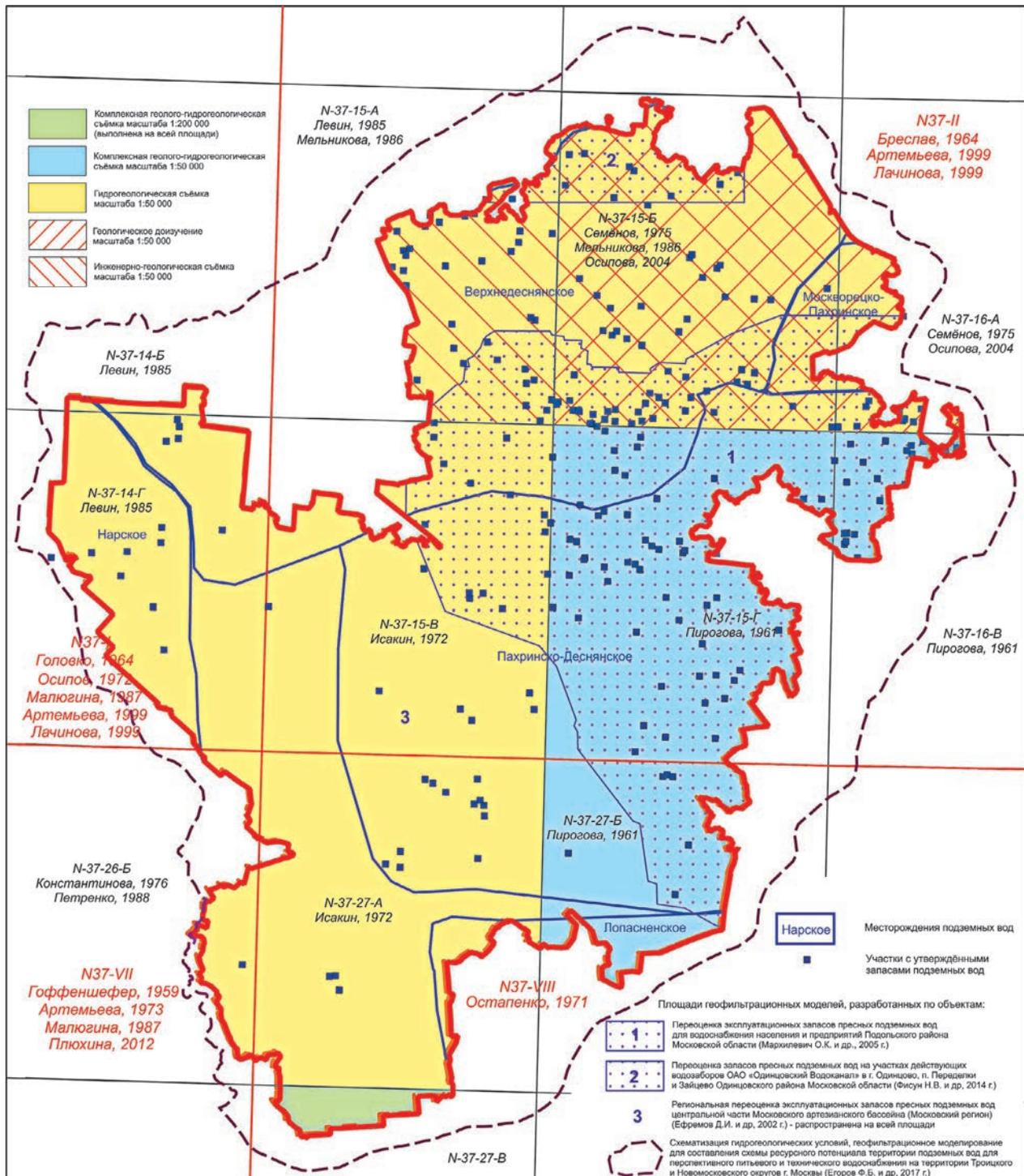


Рис. 2.
Схема геолого-гидрогеологической изученности Новой Москвы

перекрыты водоупорными глинами, что в совокупности с высокой эксплуатационной нагрузкой в регионе существенно снижает их потенциальную производительность.

На большей части Новой Москвы каменноугольные горизонты надежно защищены от загрязнения с поверхности породами юрского водоупора и глинистыми отложениями четвер-

тичного возраста. Поэтому качество подземных вод каменноугольных горизонтов близко к питьевому и преимущественно характеризуется гидрокарбонатным магниевым-кальциевым составом с минерализацией 0,4–0,7 г/л. Однако нередко отмечаются превышения нормативных показателей в основном природного происхождения: железа, жесткости, фторидов,

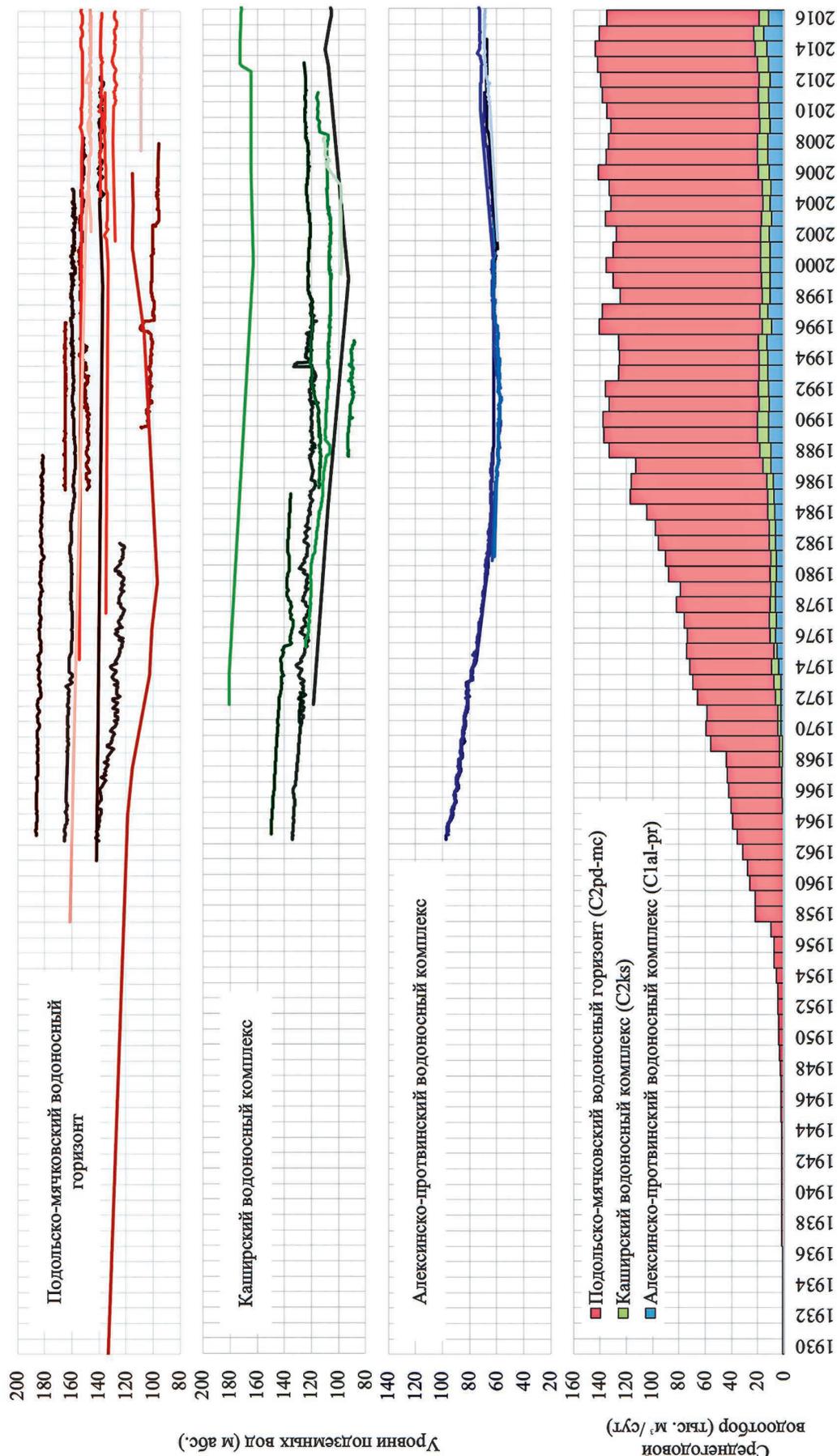


Рис. 3. Ретроспективный график водоотбора и уровней подземных вод каменноугольных горизонтов в Новой Москве

стронция и др. Зона пресных вод простирается до глубины 300–350 м, ниже залегают соленые воды и рассолы в отложениях нижнекаменноугольного, девонского возрастов и архей-протерозойских породах кристаллического фундамента. Многолетняя интенсивная эксплуатация подземных вод каменноугольных горизонтов привела к нарушению гидродинамической обстановки в регионе – формированию локальных и региональных депрессий и антропогенного загрязнения на отдельных участках.

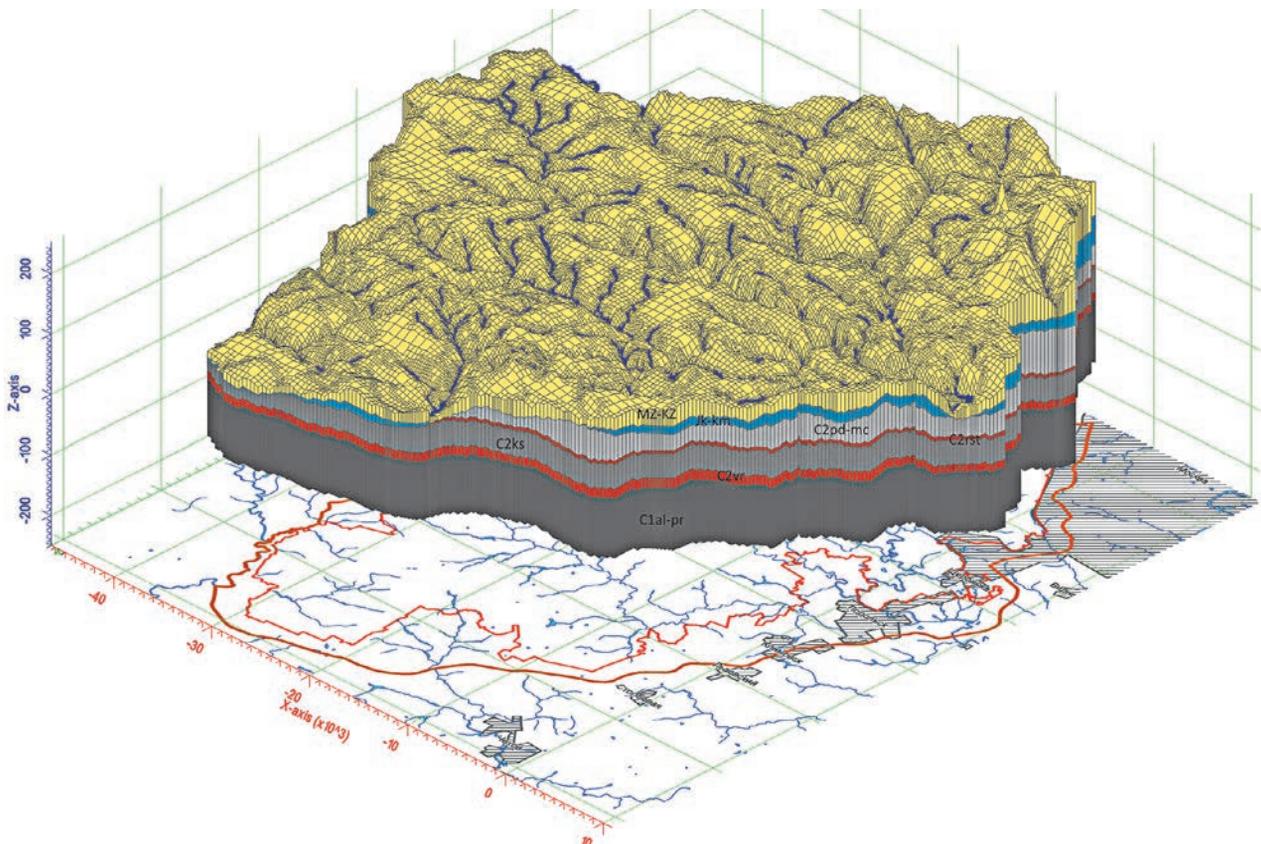
Площадь Москвы и Московской области отличается высокой степенью геолого-гидрогеологической изученности. Планомерное геологическое изучение региона начато с конца XIX в. и продолжается по сей день. Территория покрыта геологической и гидрогеологической съемкой в масштабах 1:200 000 и 1:50 000, проведены оценки ресурсов и запасов подземных вод, накоплен огромный массив информации по режиму и опыту эксплуатации подземных вод, данных многочисленных инженерных изысканий, создана и используется постоянно действующая региональная геофильтрационная модель (рис. 2).

Запасы подземных вод для данной территории впервые оценены в 1970 г. в рамках

оценки эксплуатационных запасов подземных вод в пределах существующих и разведываемых водозаборов для г. Москвы, ЛПЗП и Московской области. В пределах территории ТиНАО по результатам данной работы в ГКЗ СССР утверждены запасы подземных вод по нескольким участкам действующих и проектных водозаборов в суммарном количестве около 100 тыс. м³/сут. В частности, в 1972 г. по результатам разведочных работ утверждены запасы подземных вод для водоснабжения городов Подольска и Климовска по Деснянскому (50 тыс. м³/сут) и Кленовскому (23,8 тыс. м³/сут) участкам.

Оценка прогнозных ресурсов подземных вод на изучаемой территории выполнена в 1999 г. [3]. Территории Новой Москвы относятся к частично обеспеченным ресурсами подземных вод (модули прогнозных эксплуатационных ресурсов 0,4–1,35 л/с·км²). Отметим, что в центральных районах Новой Москвы потребности населенных пунктов не могут быть полностью обеспечены собственными ресурсами подземных вод. В этом случае водный дефицит рекомендовано удовлетворять за счет привлечения подземных вод месторождений межрайонных систем водоснабжения, в том числе для обеспечения Щер-

Рис. 4.
Геофильтрационная модель Новой Москвы



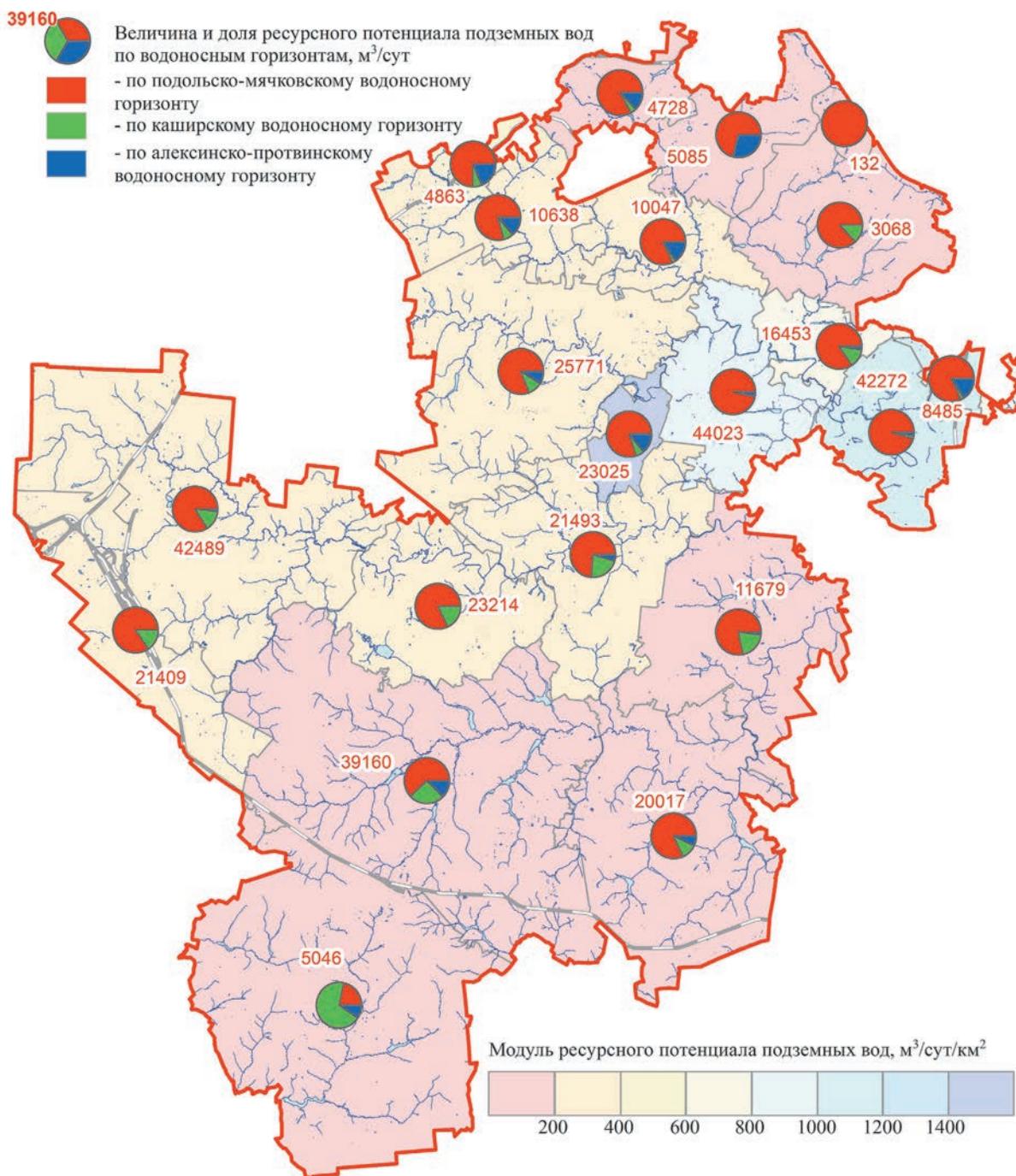


Рис. 5.
 Схематическая карта ресурсного потенциала подземных вод Новой Москвы

бинки и Троицка – Южной и Западной систем (Приокское и Звенигородское месторождения, соответственно).

В 2002 г. завершены работы по переоценке эксплуатационных запасов пресных подземных вод Московского региона [4]. По гидролого-гидрогеологическому принципу выделены месторождения подземных вод, в том числе частично расположенные на территории ТИАО: Верхнедеснянское, Пахринско-Деснянское, Нар-

ское, Москворецко-Пахринское, Лопасненское и Среднемоскворецкое.

Запасы оценивались на специально разработанной многослойной геофильтрационной модели, включающей в себя эксплуатационные горизонты карбона, мезозойские и четвертичные горизонты, зону аэрации и поверхностные воды. Модель сопровождалась цифровой картографической и фактографической базой данных, ставшей в последствии основой для ведения

государственного мониторинга подземных вод в регионе. По результатам этой оценки, ресурсный потенциал подземных вод на территории ТиНАО составил 250–280 тыс. м³/сут, около 75% этих запасов оценены по подольско-мячковскому водоносному горизонту.

В 2005 г. выполнены работы по переоценке запасов пресных подземных вод для водоснабжения населения и предприятий Подольского района Московской области. Переоценка запасов проводилась с помощью локальной геофильтрационной модели-врезки масштаба 1:25 000, захватывающей центральную и западную часть Новой Москвы. В результате этих работ в ГКЗ Роснедра утверждены запасы подземных вод Верхнедеснянского (63,8 тыс. м³/сут) и Пахринско-Деснянского (237,7 тыс. м³/сут) месторождений, выделены группы участков недр Троицкая, Щербинская, Подольская, Климовская, переутверждены запасы по Деснянскому и Кленовскому участкам.

В последующие годы по ряду отдельных действующих и проектных водозаборов проведены работы по оценке и переоценке запасов подземных вод. В том числе в 2015 г. проведены работы по участкам действующих водозаборов АО «Мосводоканал» в Троицком и Новомосковском административных округах г. Москвы, в результате которых в ТКЗ Центрнедра утверждены запасы подземных вод по 45 участкам действующих водозаборов в количестве 64,7 тыс. м³/сут. По состоянию на 1 января 2017 г. по территории ТиНАО утверждены запасы подземных вод по 164 участкам в количестве 248,2 тыс. м³/сут.

Систематические наблюдения за режимом подземных вод на рассматриваемой территории начаты в 1963 г. по 4 скважинам, оборудованным на подольско-мячковский, каширский и алексинско-протвинский водоносные горизонты. С 1993 г. начал осуществляться государственный мониторинг геологической среды и с середины 1990-х гг. наблюдения за уровнем подземных вод велись уже по 17 скважинам, оборудованным на каменноугольные, юрско-меловые и четвертичные горизонты. Однако с 1997 г. в связи с неудовлетворительным техническим состоянием наблюдательные скважины стали выбывать из сети, их количество в 2001 г. уменьшилось до 5, в 2004 – до 2, а с 2011 г. наблюдения за режимом подземных вод прекратились [1, 2].

Эксплуатация подземных вод каменноугольных горизонтов на территории Новой Москвы ведется с 1930-х гг. По мере хозяйственного освоения территории число водозаборов и эксплуатационных скважин возрастало, увеличивался водоотбор, формировался современный гидродинамический режим, характеризующий-

ся развитием системы депрессионных воронок регионального и локального уровней (рис. 3). С начала 1990-х гг. на протяжении более 25 лет до настоящего времени на территории ТиНАО водоотбор стабилизировался и суммарно составляет 125–145 тыс. м³/сут.

Имеющиеся данные наблюдений показывают довольно четкую зависимость положения уровней каменноугольных горизонтов от интенсивности водоотбора, и гидродинамический режим в целом может характеризоваться как квазистационарный. Стабильность и некоторое восстановление уровней в течение последних десятилетий говорит об обеспеченности водоотбора естественными и привлекаемыми ресурсами подземных вод. При этом необходимо учитывать взаимовлияние водозаборов как на рассматриваемой территории, так и за ее пределами.

В 2016–2017 гг. специалистами АО «Центральное ПГО» выполнена оценка ресурсного потенциала подземных вод на территории ТиНАО г. Москвы, выполнявшихся по заказу Москомархитектуры [2]. Работы включали в себя систематизацию и обобщение всей накопленной к настоящему времени информации по геологическому строению территории, условиям формирования ресурсов и запасов, составу и качеству, опыту эксплуатации подземных вод. В результате создана детальная геофильтрационная модель территории Новой Москвы. Разработанная конечно-разностная геофильтрационная модель площадью 2,15 тыс. км² разбита неструктурированной сеткой с шагом при разных вариантах моделирования 800–50 и 200–100 м. Реализация модели произведена в программной среде *Aquaveo Groundwater Modeling System v. 10.3*. Модель включает 7 расчетных слоев, описывающих мезозойско-четвертичный, подольско-мячковский, каширский и алексинско-протвинский водоносные горизонты (комплексы) и разделяющие их юрский, ростиславльский и верейский водоупоры (рис. 4).

На модели заданы граничные условия, соответствующие сложившейся природно-техногенной обстановке (инфильтрационное питание, речная сеть, водозаборные скважины). Геофильтрационный поток моделировался в стационарной трехмерной постановке с заданием гипсометрии и коэффициентов фильтрации для всех моделируемых слоев. Плановые границы модели для водоносных горизонтов определялись граничным условием I рода по данным региональной модели Московского региона [4, 1]. На нижней границе модели, соответствующей подошве алексинско-протвинского водоносного комплекса, задана непроницаемая поверхность.

Калибровка модели проводилась с помощью решения обратной геофильтрационной задачи методом автоматического подбора (алгоритм *PEST*) и дополнительной коррекции параметров модели. В качестве априорных данных при калибровке использовались результаты опытно-фильтрационных работ и уровни подземных вод, замеренные в скважинах за период 2014–2017 гг. Сходимость модельных и фактических уровней, отсутствие системных ошибок и случайное распределение величин невязок свидетельствуют о том, что построенная модель удовлетворительно описывает наблюдаемые гидрогеологические условия.

На построенной и откалиброванной геофильтрационной модели проведена оценка ресурсного потенциала подземных вод для перспективного питьевого и технического водоснабжения ТиНАО. Для прогнозных расчетов уровни подземных вод по границе модели задавались по результатам прогнозных расчетов на модели Московского региона с региональным потоком через плановые границы модели в виде граничного условия II рода [4, 1]. Оценка ресурсного потенциала проводилась подбором максимально возможного водоотбора по существующим и проектируемым водозаборам с учетом утвержденных запасов подземных вод и допустимого понижения как непосредственно на оцениваемых участках, так и смежных водозаборах. Далее подбирались оптимальная схема водоотбора с учетом гидрогеологических условий, сложившейся водохозяйственной обстановки и градостроительных планов.

Суммарный расчетный ресурсный потенциал подземных вод территории ТиНАО по результатам моделирования составляет 383,1 тыс. м³/сут, в том числе 313,3 – по подольско-мячковскому водоносному горизонту, 45,4 – каширскому и 24,3 тыс. м³/сут – алексинско-протвинскому. Свободный ресурсный потенциал территории при утвержденных на сегодняшний день запасах 248,2 тыс. м³/сут определен в количестве 134,9 тыс. м³/сут. Подсчитанный ресурсный потенциал в целом полностью покрывает перспективную потребность водоснабжения (348 тыс. м³/сут). Проведено районирование величины ресурсного потенциала по административным единицам ТиНАО (рис. 5).

Наиболее благоприятные условия для работы крупных групповых водозаборов существуют в долине реки Десны – на территории Троицка, Десеновского, Воскресенского, Рязановского и Первомайского поселений, основным эксплуатационным горизонтом здесь является подольско-мячковский, качество воды требует обезжелезивания и умягчения. На данных

территориях уже работают многочисленные одиночные и групповые водозаборы с утвержденными запасами, и свободный ресурсный потенциал здесь небольшой. Примыкающие к старой Москве территории поселений Внуковское, Московский, Сосенское, Мосрентген не перспективны для крупного водоснабжения за счет подземных вод – общий и свободный ресурсный потенциал здесь характеризуется невысокими значениями. Установлен дефицит свободного ресурсного потенциала подольско-мячковского горизонта в районе городов Подольск и Щербинка, а также незначительность свободного потенциала по алексинско-протвинскому водоносному горизонту из-за сработки напора подземных вод над кровлей и ограниченности восполнения.

Троицкий административный округ в юго-западной части Новой Москвы обладает достаточным потенциалом для организации водоснабжения за счет подземных вод и в целом неплохим качеством воды, требующем преимущественно только обезжелезивания. Основным продуктивным горизонтом здесь, как и на всей территории ТиНАО, является подольско-мячковский, но для крайних юго-западных районов существенную роль уже играет каширский водоносный горизонт.

Выводы

В результате изучения ресурсов подземных вод территории Новой Москвы установлено:

- ресурсы подземных вод каменноугольных водоносных горизонтов достаточны для обеспечения текущей и перспективной потребности для водоснабжения с учетом разработанных градостроительных планов. Это подтверждается как ранее выполненными исследованиями в регионе, так и последней работой по оценке ресурсного потенциала подземных вод территории ТиНАО;

- современная геолого-гидрогеологическая изученность изучаемой территории высока, но при этом сложные гидрогеологические условия и высокая нагрузка на подземные воды в регионе требует постоянного контроля за их состоянием и использованием. Для обеспечения рационального использования и охраны подземных вод от истощения и загрязнения необходимо практически «с нуля» создать систему мониторинга, которая должна включать наблюдения и анализ данных по водоотбору, уровням и качеству подземных вод как по эксплуатационным скважинам на водозаборах, так и по специально созданной наблюдательной сети;

- разработанная геофильтрационная модель служит современным инструментом для оценки

и прогнозирования состояния подземных вод при различных вариантах развития природно-техногенной системы. В дальнейшем рекомендуется вести и развивать на постоянной основе корректировку и калибровку геофильтрационной модели с актуализацией по данным системы

мониторинга, материалов геологического изучения и инженерных изысканий, а также уточнять прогнозы в соответствии с новыми данными по утвержденным запасам, водоотбору, качеству подземных вод и планами развития водоснабжения территории. 

Литература

1. Гоппен Т.С., Егоров Ф.Б., Пигарина С.Д. и др. Государственный мониторинг состояния недр территории Центрального федерального округа в 2013–2015 гг. М.: Геоцентр-Москва. 2015.
2. Егоров Ф.Б., Гричук А.Д. и др. Отчет по теме: «Схематизация гидрогеологических условий, геофильтрационное моделирование для составления схемы ресурсного потенциала территории подземных вод для перспективного питьевого и технического водоснабжения на территории Троицкого и Новомосковского округов г. Москвы». М.: Центральное ПГО. 2017.
3. Ермакова З.П. Оценка обеспеченности населения Московского региона ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения. М.: Геоцентр-Москва. 1999.
4. Ефремов Д.И., Клюквин А.Н., Язвин Л.С., и др. Региональная переоценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод центральной части Московского артезианского бассейна (Московский регион). М.: Геоцентр-Москва. 2002.
5. Закон города Москвы от 15.03.2017 № 10 «О внесении изменений в Закон города Москвы от 05.05.2010 № 17 “О генеральном плане города Москвы”», М.: Московская городская Дума. 2017.

UDC 553.7

R.G. Gamalov, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Academician of RANS, Head of the Laboratory of Hydrogeological Problems of Environmental Protection of Institute of Water Problems¹, RAS, roald@iwp.ru

F.B. Egorov, Chief of Geological Service of Mosecomonitoring², f.egorov@me.com

A.D. Grichuk, Leading Analyst of Geological Service of Mosecomonitoring², sgrichuk@yandex.ru

¹3 Gubkin street, Moscow, 119333, Russia.

²11 build. 1, New Arbat street, 119991, Russia.

Current Knowledge, Condition and Prospects for Using Groundwater Resources in New Moscow

Abstract. The hydrogeological study, the current state and prospects for the use of groundwater resources for water supply to the intensively developing territories of New Moscow are considered. The main results of the latest works on the assessment of the resource potential of the underground waters of New Moscow are given, taking into account the plans for urban development, the current and forecast hydrodynamic and water management conditions and quality of groundwater

Keywords: groundwater; water supply; resources; New Moscow

References

1. Goppen T.S., Egorov F.B., Pigarina S.D. i dr. Gosudarstvennyi monitoring sostoianii neдр territorii Tsentral'nogo federal'nogo okruga v 2013–2015 gg. [State monitoring of the state of the subsoil of the territory of the Central Federal District in 2013–2015]. Moscow, Geotsentr-Moskva Publ., 2015.
2. Egorov F.B., Grichuk A.D. i dr. Otchet po teme: «Skhematizatsiia gidrogeologicheskikh uslovii, geofil'tratsionnoe modelirovanie dlia sostavleniia skhemy resursnogo potentsiala territorii podzemnykh vod dlia perspektivnogo pit'evogo i tekhnicheskogo vodosnabzheniia na territorii Troitskogo i Novomoskovskogo okrugov g. Moskvy» [Report on the topic: “Schematicization of hydrogeological conditions, geofiltration modeling for drawing up a scheme of the resource potential of the groundwater for prospective drinking and technical water supply in the territory of Troitsk and Novomoskovsk districts of Moscow”]. Moscow, Tsentral'noe PGO Publ., 2017.
3. Ermakova Z.P. Otsenka obespechennosti naseleniia Moskovskogo regiona resursami podzemnykh vod dlia khoziaistvenno-pit'evogo vodosnabzheniia [Assessment of the population of the Moscow region with groundwater resources for domestic and drinking water supply]. Moscow, Geotsentr-Moskva Publ., 1999.
4. Efremov D.I., Kliukvin A.N., Iazvin L.S., i dr. Regional'naia pereotsenka ekspluatatsionnykh zapasov presnykh podzemnykh vod tsentral'noi chasti Moskovskogo artezianskogo basseina (Moskovskii region) [Regional reevaluation of operational reserves of fresh groundwater in the central part of the Moscow Artesian Basin (Moscow region)]. Moscow, Geotsentr-Moskva Publ., 2002.
5. Zakon goroda Moskvy ot 15.03.2017 № 10 «O vnesenii izmenenii v Zakon goroda Moskvy ot 05.05.2010 № 17 “O general'nom plane goroda Moskvy”» [Law of the City of Moscow of March 15, 2017 No. 10 “On Amendments to the Law of the City of Moscow from 05.05.2010 № 17” On the General Plan of the City of Moscow “»]. Available at: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n=177073#011448882772644331> (February 18, 2018).