

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

УДК 504.062.2

РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕОСИСТЕМ ВОРОБЬЕВЫХ ГОР: ИСТОРИЯ, ИЗУЧЕНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

© 2024 г. Т. А. Барабошкина^{1,*}, Е. Н. Самарин^{1,*}, И. В. Аверин^{2,**}, Р. Ю. Жидков^{3,***},
Н. Н. Ракитина^{3,***}, И. А. Родькина^{1,*}, В. С. Руцкина^{4,****}, Т. Н. Лубкова^{1,*}, О. А. Липатникова^{1,*}

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Ленинские горы, 1, Москва, 119234 Россия

²ООО “Инженерная Геология”, ул. Ярцевская, 16, пом. 1, Москва, 121351 Россия

³Государственное бюджетное учреждение “Московский городской трест геолого-геодезических
и картографических работ”, ул. Зорге, 1, Москва, 123308 Россия

⁴ООО “МедБридж”, ул. 5-я Магистральная, 20, Москва, 123007 Россия

*E-mail: ecolab@mail.ru

**E-mail: i.averin@mail.ru

***E-mail: rzhidkov@gmail.com

****E-mail: geovera@bk.ru

Поступила в редакцию 28.08.2023 г.

После доработки 15.11.2023 г.

Принята к публикации 05.02.2024 г.

На базе методологии междисциплинарных исследований решены задачи ретроспективного анализа данных о качестве ресурсного потенциала компонентов геосистем территории природного заказника Воробьевы горы, расположенного в границах г. Москва, в целях совершенствования программ устойчивого развития потенциала его эколого-просветительской функции. На основе комплексных подходов систематизирован уникальный опыт успешного функционирования рекреационной территории синхронно с социально-экономическим развитием агломерации. Выполнено доизучение отдельных частей его территории, идентифицированы локальные участки разновекторной динамики геосистем различного генезиса, дифференцирована роль природных и природно-антропогенных факторов в формировании геоэкологических особенностей территории заказника. Самые ценные дендрологические объекты приурочены к днищам оврагов и районам стабилизировавшихся оползневых массивов, вследствие минимального уровня освоения данных геосистем сторонними пользователями. Разработана модель пространственного распространения массивов техногенных отложений с наиболее уязвимыми компонентами геосистем, что важно учитывать в проектах комплексного благоустройства долины р. Москва.

Ключевые слова: *особо-охраняемые природные территории, рекреация, устойчивое развитие мегаполиса, модель распространения техногенных отложений, эколого-просветительная функция, агломерация*

DOI: 10.31857/S0869780924020029; EDN: DZXUCI

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным Организации Объединенных Наций, к 2050 г. городское население мира увеличится почти вдвое, а по динамике показателей изменения компонентов среды, урбанизация является одним из лидеров преобразования геосистем XXI в. Большую роль для устойчивого развития городов играют парковые и особо-охраняемые природные территории (ООПТ).

Активное развитие г. Москвы — одного из крупнейших мегаполисов Евразии — идет перманентно, начиная с эпохи промышленной революции, на базе интенсификации развития энергетических,

транспортных и других структур урбопромышленных комплексов. Расширение городской черты Московского мегаполиса к началу XXI в. предопределило современное положение ООПТ “Воробьевы горы” практически в центральной части города (рис. 1). На базе природного заказника накоплен положительный опыт освоения ресурса городского пространства для решения задач в сфере рекреационных, средозащитных, санитарных и эколого-просветительских функций.

Высокий уступ Теплостанской возвышенности (правый берег Лужнецкой излучины Москва-реки) на 60–70 м возвышается над урезом



Рис. 1. Визуальная ретроспектива динамики геосистем ООПТ в районе Лужнецкой излучины р. Москва: а – в XIX в. (по картине И.К. Айвазовского, 1848) [1], б – в XXI в. [8], в – фотофиксация склона Воробьевых гор с метромоста (Т.А. Барабошкина, 2023).

воды. Крутой склон долины рассечен глубокими балками, осложнен оползновыми процессами. Совокупность геолого-геоморфологических факторов сыграла значимую роль в ограничении использования природно-ресурсного потенциала района под градостроительную деятельность.

В исторический период 1935–1991 гг. территория имела название Ленинские горы и преимущественно относилась к сфере рекреационной экономической деятельности. В 1998 г. Воробьевы (Ленинские) горы, согласно постановлению Правительства Москвы № 564, ввели в состав природного комплекса Москвы, как ООПТ. В 2013 г. природный заказник “Воробьевы Горы” присоединен к территории Центрального парка культуры и отдыха (ЦПКиО) им. Горького и Нескучного Сада [21]. В июне 2017 г. проект реконструкции спортивно-туристического комплекса, прошедший

экологическую и историко-культурную экспертизу, получил одобрение жителей [8].

Территория ООПТ “Воробьевы Горы” (по данным ФГБУ “Московский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями”) находится в зоне действия “острова тепла”, сформировавшегося под влиянием дополнительных источников энергии от предприятий, транспорта, утечек из тепловых магистралей и др. [9]. Этот феномен способствует смещению во времени фенофазы у растительности заказника на 7–10 дней по сравнению с их аналогами, произрастающими на загородных территориях [19].

В целях диверсификации потенциала эколого-просветительской функции территории заказника в 2007 г. при поддержке руководства ООПТ

“Воробьевы Горы” В.И. Сеземан и С.Ю. Самсонова [2–4, 13, 23] было начато доизучение его территории на базе системного подхода для уточнения экологического состояния компонентов геосистем и подготовки спектра задач в рамках научно-учебных практик магистрантов [26, 27].

АБИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕОСИСТЕМ ООПТ “ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ”

Природный заказник расположен на правом борту долины р. Москва со своеобразным грядово-оползневой рельефом. Максимальные отметки рельефа (до 70 м) фиксируются в районе смотровой площадки, от которой фиксируется постепенное понижение к западу — к устью р. Сетунь, и к востоку — к Нескучному саду [3–5, 28, 30].

Склон Воробьевых гор является восточным краем Теплостанской возвышенности, водораздельное плато которой представляет собой доледниковое эрозионно-тектоническое поднятие, заложившееся в раннеплиоценовое время и развивавшееся на протяжении всего четвертичного периода [16, 18]. Четвертичные образования представлены двумя горизонтами моренных суглинков с дресвой и щебнем, разделенных флювиогляциальными средне- и мелкозернистыми песками и суглинками (суммарно достигая 22–24 м) [28].

Мощность аллювиальных отложений (преимущественно песков) в русловой части долины колеблется от 7 до 10 м. Фрагментарно в основании склона правого борта речной долины прослеживается I надпойменная терраса, сложенная мелкими песками (мощностью не более 5 м). В центральной части заповедника, в районе стадиона, широко развиты техногенные грунты, преимущественно представленные светло-коричневыми суглинками с включением щебня и дресвы магматических пород. Мощность отложений может достигать 10 и более метров.

Большинство исследователей, изучавших оползни Воробьевых гор, рассматривают глинистые отложения оксфордского яруса в качестве основного деформирующегося горизонта оползневых массивов [14, 20]. В связи с этим в пределах склона перекрывающие оксфордские образования, песчано-глинистые верхнеюрские отложения титонского яруса, нижнемеловые, преимущественно песчаные отложения и четвертичные гляциальные, флювиогляциальные образования находятся в оползневом залегании. Протяженность визуально определяемых оползневых участков достигает нескольких сот метров, видимая ширина по осевой части оползня — более трехсот метров. Объем грунтов, вовлеченных в оползневые деформации на рассматриваемом участке, оценивается в 2 млн м³ [5, 30].

Подземные воды напорно-безнапорного надюрского водоносного комплекса залегают в пределах склона Воробьевых гор на глубинах от 1.1 до 38.0 м (абс. отм. 121.0–154.9). Водовмещающими отложениями являются пески разнородные и песчаные прослои в глинах и суглинках четвертичного, нижнемелового и верхнеюрского возраста, залегающие как в ненарушенном, так и в оползневом залегании, а также песчано-глинистые породы русла и I надпойменной террасы Москвы-реки. Нижний водоупор — глинистые отложения верхней и средней юры, мощностью до 30.0 м. В нижней части склона, где в оползневых блоках локально сохранились моренные суглинки, фиксируется напор до 1.3–4.6 м. Питание подземных вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а разгрузка осуществляется в р. Москва и источники в пределах склона. Положение уровня подземных вод обусловлено количеством атмосферных осадков и урезом воды в реке. Поток направлен на северо-восток, в сторону русла реки. По данным ГБУ “Мосгоргеотрест” за период с 1955 г. существенных изменений гидрогеологической обстановки не произошло.

В периоды обильного выпадения осадков или интенсивного снеготаяния в верхней части разреза, преимущественно в техногенных грунтах и среднетертичных флювиогляциальных отложениях вероятно образование водоносного горизонта спорадического распространения типа “верховодки”.

БИОТИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕОСИСТЕМ ТЕРРИТОРИИ ООПТ “ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ”

До эпохи интенсивной урбанизации территория Воробьевых гор представляла собой лесной массив из широколиственных пород, вытянутый с севера на юг на 4 км, шириной от 400 до 80 м вдоль правого берега р. Москва, площадью около 148 га, околонуленный автомагистралями и проспектом с интенсивным движением [8, 18]. На стадии разработки проекта обустройства ООПТ [19] на территории Воробьевых гор выделялись следующие типы растительности: 1) высоковозрастной широколиственный лес (липа, вязь, клен, дуб, ясень); 2) средневозрастные кленарники снытьевые и пролестниковые; 3) средневозрастной березняк как искусственного, так и природного происхождения, локализованный в центральной части заказника; 4) разновозрастной осинник самосевом в районе Андреевского монастыря (после планировки рельефа в конце 1950-х гг.); 5) черноольшанник, произрастающий в местах разгрузки грунтовых вод, где наблюдается постоянное увлажнение корнеобитаемого слоя; в его подлеске встречается черемуха, кустарниковые ивы; 6) ивняк-ракетник, фиксируемый

в переувлажненных межоползневых ложбинах; 7) самосевный кленарник из клена ясенелистного, имеющий ограниченное распространение выше Андреевского монастыря на склоне и занимающий наряду с сорной травой антропогенно-трансформированные участки; 8) закустаренная луговина — на момент проектирования заказника была распространена только на террасе в центральной части Воробьевых гор; 9) насаждения паркового типа, отличающиеся большим разнообразием, сформированные с середины 1950-х гг. вдоль ул. Косыгина, Воробьевского шоссе, Андреевской и Воробьевской набережных [19].

Регулярно выполняемое вдоль дорожной и рекреационной “тропиночной” сети компенсационное озеленение частично решает проблему восстановления почвенного и растительного покрова, но актуально более широко внедрять в практику наилучшие доступные зеленые технологии для минимизации негативных антропогенных и природных факторов влияния на биотические компоненты геосистем.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ “ВОРОБЬЕВЫХ ГОР”

Работа осуществлялась поэтапно и включала комплекс исследований: обработка массивов данных, маршрутные, камеральные, аналитические исследования, экогеологическая систематика полученных данных на базе метода эколого-геологического картографирования. Изучение почв (эдафотоп) и фитоценозов проводилось синхронно с учетом исторически сложившихся функциональных зон, информация о которых была систематизирована на основе работы с архивными материалами [2, 3, 5].

В процессе полевых маршрутов осуществлялась фотофиксация интенсивности проявления геодинамических процессов; выполнялись эколого-геофизические исследования гамма-фона, вибрационного поля вблизи границ и на территории заказника [2, 3, 5, 16]. Измерения производились на базе оборудования геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова: виброметром портативным ОКТАВА-110А — шумомером 1 класса точности по ГОСТ 17187, ГОСТ Р 53188.1 (МЭК 61672—1), и виброметром по ГОСТ ИСО 8041 (встроенные октавные и 1/3-октавные фильтры прибора удовлетворяют 1-му классу по ГОСТ 17168 и МЭК 61260).

Определение валовых форм тяжелых металлов в пробах почвы и растительности проводилось на рентгенофлуоресцентном спектрометре “СПЕКТРОСКАН-МАХ-GV”, согласно методике, разработанной ООО НПО “Спектрон” и аттестованной в соответствии с ГОСТ 8.563—96 [25].

В ходе гидрогеохимического этапа полевых работ был осуществлен замер дебита родников

объемным способом; согласно [11], определяли температуру, pH и удельную электропроводность с использованием портативных pH-метра PH—200 и кондуктометра СОМ—100, соответственно. Для исследования анионов воду отбирали в емкости из полиэтилена “под крышку”. С целью определения концентрации главных катионов и микроэлементов пробы фильтровали через стерильные насадки из ацетата целлюлозы с диаметром пор 0.45 мкм в пробирки из полипропилена вместимостью 15 мл и подкисляли фильтрат HNO_3 (ос.ч.) до $\text{pH} < 2$.

Содержание главных катионов (Ca, Mg, Na, K) и микроэлементов (Fe, Mn, Sr, Ba, Al, Ti, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, As, Mo) анализировали методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) и на масс-спектрометре ELAN—6100. Количество Cl^- и HCO_3^- оценивали методами объемного титрования; NO_3^- и NH_4^+ — на базе потенциометрии; SO_4^{2-} — методом рентгенофлуоресцентного анализа с предконцентрированием по методу высушенной капли [15].

Экологическая интерпретация полученных междисциплинарных данных осуществлялась на основе современной критериальной базы и новых направлений в геоэкологии [6, 13, 23, 24, 26]. Класс состояния эколого-ресурсных условий определялся на основе массива полученных данных о состоянии абиотических и биотических компонентов геосистем на базе принципа доминанты наихудшего показателя.

ЭКОЛОГО-РЕСУРСНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ООПТ “ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ”

До начала рекреационного освоения территории ООПТ почвенный покров (эдафотоп) был представлен преимущественно зональными дерновыми и дерново-подзолистыми почвами. Однако в нагорной части заказника, на запечатанных под сооружениями территориях, вдоль набережной и на ряде смежных участков естественный почвенный слой был трансформирован. В настоящее время на территории заказника “Воробьевы горы” преобладают естественно-антропогенные и антропогенные почвы, составляющие в совокупности ~90% площади. Их эколого-ресурсные параметры по агрохимическим параметрам ближе к характеристикам урбаноземов, чем к зональным почвам, что говорит о высоком уровне снижения ресурсного потенциала района под влиянием рекреантов и мегаполиса [32].

Вследствие механического воздействия в пределах велотрековой площадки и зон отдыха возможность естественного восстановления почв блокируется из-за превышения рекреационной нагрузки. В результате наиболее ценные естественные почвенные ресурсы сохранились преимущественно в межоползневых ложбинах.

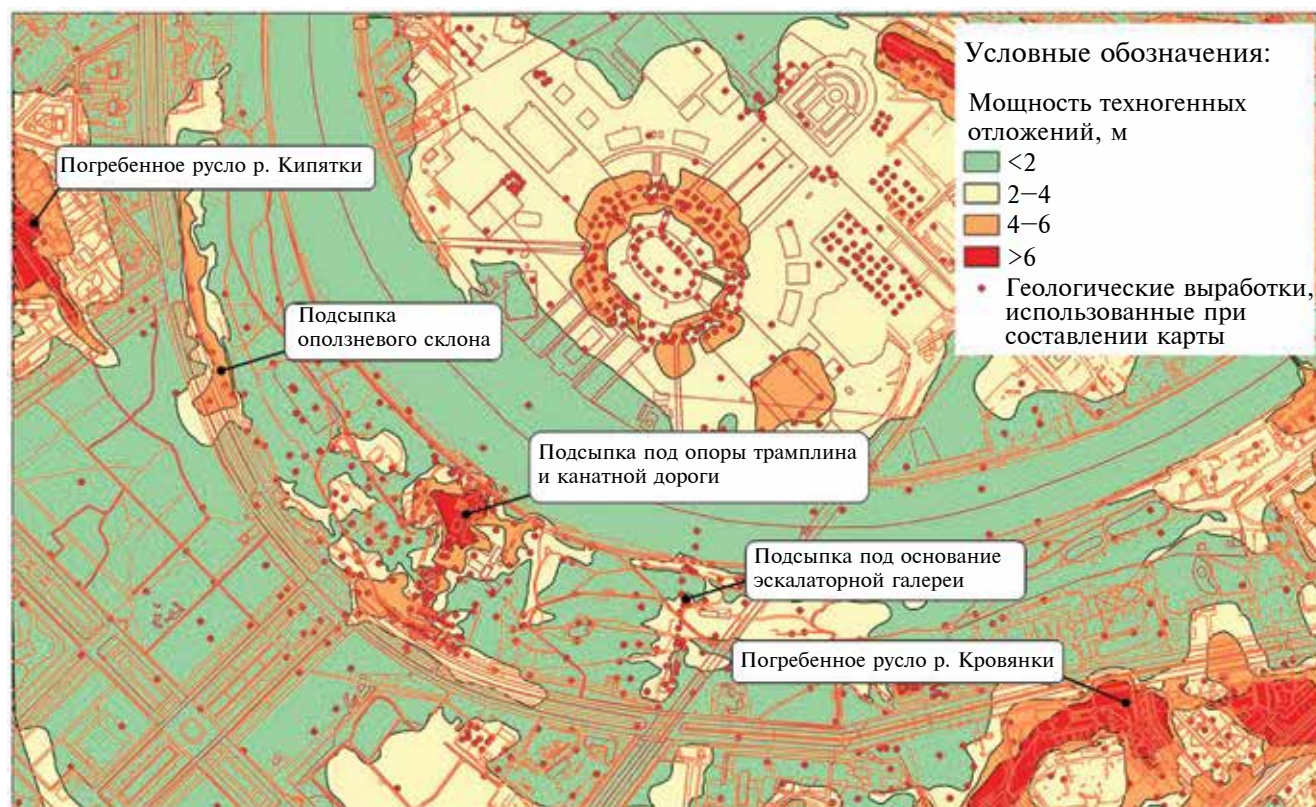


Рис. 2. Карта-схема мощности техногенных отложений территории Воробьевых гор и их окрестностей (с указанием участков существенной трансформации ресурса геологического пространства по данным ГБУ “Мосгоргеотрест” [10]).

В среднем территория Воробьевых гор относится к зоне умеренной деградации почвенных ресурсов, со средним смывом с поверхности 0.7 т/га/год [23].

Исследуемая территория относительно недавно получила статус природного заказника, поэтому экологический след от предшествующих видов хозяйственной деятельности фиксируется не только по латерали, но и по вертикали существенно глубже зоны ризосферы. Об этом свидетельствует разработанная карта-схема (рис. 2) мощностей техногенных отложений территории Воробьевых гор и их окрестностей с маркированием участков трансформации рельефа земной поверхности [10].

При построении карты-схемы были систематизированы подборка геологических выработок и результаты топографической съемки за период с начала 1930-х гг. до нашего времени. В частности, анализируемая территория была существенно изменена при строительстве горнолыжного трамплина, канатной дороги, эскалаторной галереи и других сооружений, а также при укреплении бровки оползневого склона, а на прилегающей территории — при засыпке долин малых рек Кровянка и Кипятка.

Данную картину пространственной приуроченности массивов техногенных отложений

в районе ООПТ, полученную на основе анализа большого массива данных, важно учитывать при дальнейшем планировании функциональной организации территории [22] в комплексе с учетом интенсивности экзогенных геологических процессов в местах их природной локализации.

ЭКОЛОГО-ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ООПТ “ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ”

Согласно многолетним наблюдениям, территория Воробьевых гор поражена оползнями более чем на 30%, что дает основание классифицировать состояние эколого-геологических условий по абиотическому фактору как катастрофическое. Однако наши исследования (2007–2022 гг.) показали, что на примере Воробьевых гор четко фиксируется инверсия между классами эколого-геологических условий и состоянием биотической компоненты геосистем, так как самые ценные дендрологические объекты приурочены к днищам оврагов и районам стабилизировавшихся оползневых массивов [2–4, 13, 16, 23].

Современная антропогенная нагрузка может являться активизатором геодинамических процессов, например, в местах неконтролируемой



Рис. 3. Разгрузка подземных вод (выделено красным) у подножия склона Воробьевых гор.

разгрузки подземных вод (рис. 3), либо в пределах территорий искусственного складирования снежных масс, которые в период снеготаяния приводят к избыточному обводнению тыловых швов оползневых террас, что способствует снижению несущей способности корневой системы деревьев и т.д.

Необходимо отметить и значительную роль в формировании эколого-геодинамических условий района делювиального (плоскостного) смыва, развитого на различных гипсометрических уровнях и осложняющего процесс задернования склонов, ослабление корневых систем деревьев, что инициирует формирование эрозийных ниш, преимущественно на склонах с крутизной более 20°.

Овражная эрозия — широко-развитый экзогенный процесс, формирующий линейно-вытянутые отрицательные формы рельефа (овраги, балки и т.д.). В зависимости от дробности деления выделяются участки со слабо и средне деградированным состоянием по развитию овражной эрозии. В целом территория заказника оценивается как средне деградированная. Заболачивание территории характерно для пониженных частей склона в зоне выхода подземных вод.

В настоящее время на территории заказника применяются инновационные технологии, актуальные для стабилизации склоновых процессов,

оптимизирующие вектор развития рекреационного кластера Воробьевых гор (рис. 4). Инновации в строительной индустрии и агротехнологии позволили в значительной мере локализовать природные процессы и восстановить ресурсный потенциал почвенного покрова по обеспеченности макро- и микробиогенными элементами, создать комфортные условия для зон рекреации, разработать сеть экологических троп, сделав более доступной территорию ООПТ для жителей и гостей мегаполиса с различным уровнем физической активности, в том числе и природные уникальные родники, озера и т.д., являющиеся рекреационными ресурсами и объектами исследований для специалистов ГПБУ «Мосэкомониторинг» и других различных научных школ.

Эколого-гидрогеохимические особенности родников

За качеством природных ресурсов родниковых вод мегаполиса осуществляет регулярные наблюдения служба ГПБУ «Мосэкомониторинг» (с периодичностью раз в месяц с апреля по сентябрь) по ряду показателей: SO_4^{2-} , Cl^- , NO_2^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , HCO_3^- , Fe (общ), Mn (общ), общая жесткость, перманганатная окисляемость, pH, минерализация, а также температура и дебит [29].



Рис. 4. Историческая визуальная ретроспектива эскалаторной галереи и древостоя на территории Воробьевых гор: трансформация галереи [9] (а) и фитоценозов (б) под влиянием геодинамических процессов; в – реконструкция эскалаторной галереи 23.12.2022 г. – оптимизация рекреационного кластера (Фото Т.А. Барабошкиной, 2023 г.).

Систематизация гидрогеохимических данных за 2014–2020 гг. (табл. 1, рис. 5) показала, что по катионному составу воды варьируют от кальциевых до магниево-кальциевых, по анионному составу доминируют хлоридно-гидрокарбонатные воды, реже фиксируются гидрокарбонатные (14 и 16 пункт наблюдения, далее п.н.). Кроме того, на период опробования для вод родников 14 и 16 было характерно повышенное содержание Fe. Резких колебаний величин температуры воды родников не зафиксировано (7–10°C). Дебиты источников отличаются незначительно: п.н. 12,

13, 16 – 0.1–0.3 л/с, п.н. 77, 78 – 0.4–1 л/с; п.н. 14 и 169 – 1–2 л/с [29].

В августе 2022 г. авторами в рамках подготовки научно-учебных задач было проведено опробование пяти каптированных родников на территории заказника (№№ 12, 14, 16, 77, 78) (рис. 5, 6). Содержание макрокомпонентов по результатам исследований авторов близко к опубликованным данными ГПБУ “Мосэкомониторинг” (в пределах коэффициентов вариации). Содержание Sr, Ba, Ti, Co, Cu, Zn, Pb, Mo в воде родников в 10 и более раз ниже ПДК питьевых вод нецентрализованного

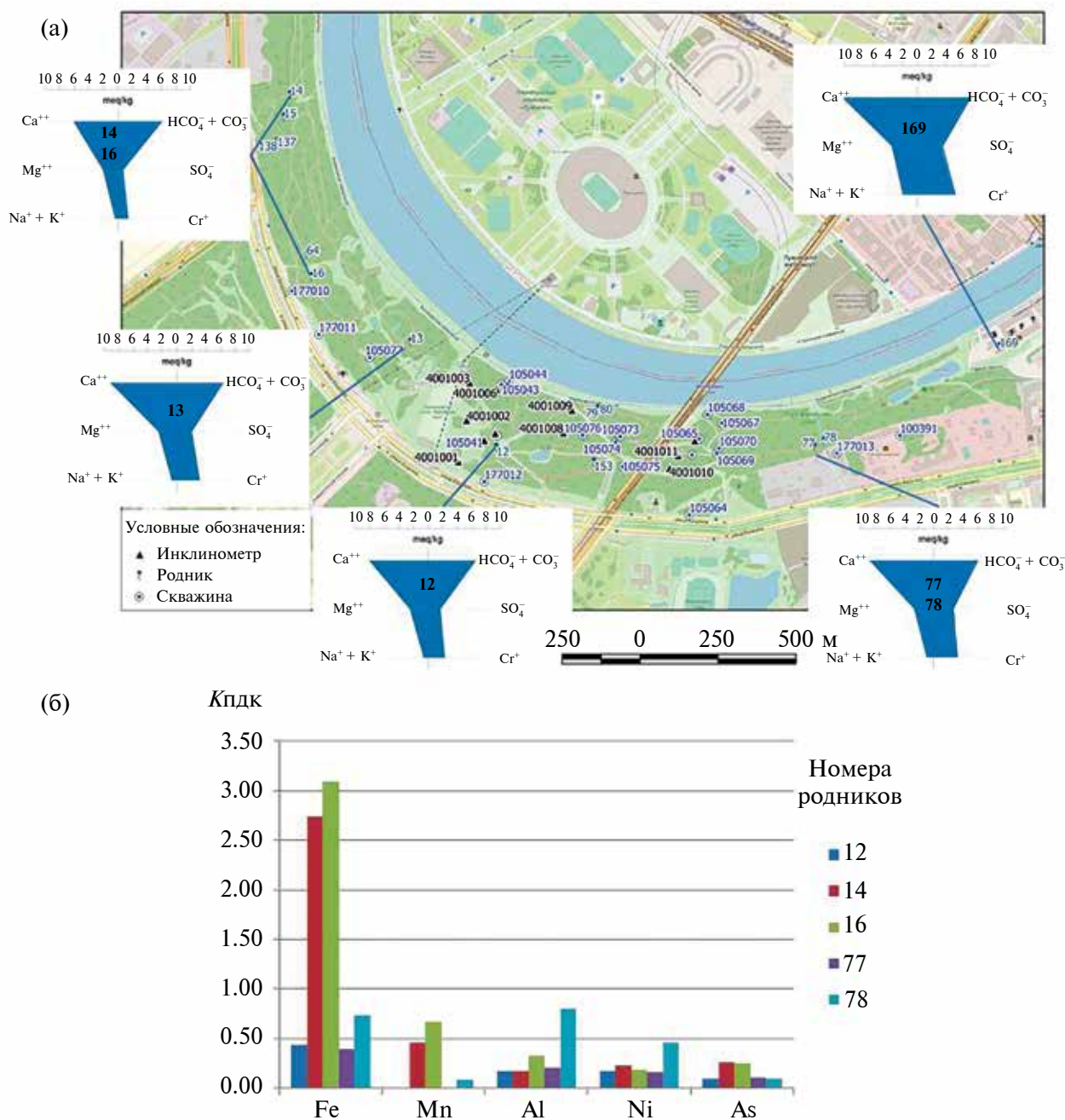


Рис. 5. Интегральная схема местоположения пунктов мониторинга по данным ГПБУ “Мосэкомониторинг” и диаграммы Стиффа [31] макрокомпонентного состава вод родников (а); содержание микроэлементов (в значениях Кпдк) в воде родников, изученных в 2022 г. (б).

водоснабжения [24], Mn, Al, Ni, As — до 0.8 ПДК (см. рис. 5). Необходимо отметить, что концентрации железа в п.н. 14 и 16 сохраняют свой тренд (в среднем Кпдк = 3). Кроме того, по результатам многолетнего мониторинга содержание железа в водных пробах из каждого отдельного родника характеризуется высокими коэффициентами вариации (до 84%, см. табл. 1), что может быть связано как с метастабильной формой нахождения элемента в воде, так и с состоянием труб каптажа. При длительном потреблении родниковых

вод с высокими концентрациями соединений железа возникает риск его накопления в суставах, печени, эндокринных железах и сердце, развития дисфункции центральной нервной системы. Ряды наблюдений (2012–2020 гг.) свидетельствуют о вариациях гидрохимического состава подземных вод, но лишь в отдельных источниках превышены величины предельно-допустимых концентраций [24] по содержанию железа (см. табл. 1).

В рамках решения научно-учебных задач по анализу “Эколого-геохимических особенностей

Таблица 1. Гидрогеохимические особенности ряда родников природного заказника Воробьевы горы

Показатель	Ед. изм.	ПДК	Номер родника и год опробования																		
			12		14		16		77		78		13		169						
			2014–2020		2022		2014–2020		2022		2014–2020		2022		2014–2020		2014–2020				
			C	V, %	C	V, %	C	V, %	C	V, %	C	V, %	C	V, %	C	V, %	C	V, %			
pH	—	6–9	7.1	3	7.3	—	7.0	3	7.2	7.1	3	7.0	7.1	6	6.9	3	7.0	7.2	4	7.1	5
ПМО	мгО/л	5	0.6	27	—	0.7	37	—	0.6	32	—	0.7	29	—	1.3	137	—	1.9	79	0.9	42
Ж	мг-эк-в/л	7	10.9	5	11.8	8.6	4	8.8	9.3	5	9.1	12.6	5	13.8	11.9	2	12.9	12.1	10	14	6
М	мг/л	1500	777	7	885	620	9	701	671	7	704	899	6	1026	858	10	944	841	14	1086	8
Ca ²⁺	мг/л	—	161	6	172	122	10	132	135	8	131	188	7	208	175	9	191	183	12	206	6
Mg ²⁺	мг/л	—	30	14	38	25	12	26	26	11	30	34	6	40	32	8	40	31	11	42	9
Na ⁺	мг/л	—	14	14	14	9	29	13	13	21	9	21	10	21	21	5	21	16	15	45	19
K ⁺	мг/л	—	—	—	1.5	—	—	1.9	—	—	1.7	—	—	1.4	—	—	1.4	—	—	—	—
NH ₄ ⁺	мг/л	1.5	—	—	0.9	—	—	0.9	—	—	0.7	—	—	0.7	—	—	0.7	—	—	—	—
HCO ₃ [–]	мг/л	—	397	10	429	368	11	422	390	8	417	388	13	431	372	10	415	387	17	449	12
SO ₄ ^{2–}	мг/л	500	81	23	113	32	50	45	45	37	31	134	37	149	132	35	110	98	23	169	36
Cl [–]	мг/л	350	81	17	101	49	41	52	55	23	81	126	12	162	117	10	153	110	24	186	11
NO ₃ [–]	мг/л	45	13	21	16	3	72	9	8	41	2	9	47	12	8	43	11	27	35	7	37
NO ₂ [–]	мг/л	3	0.04	53	—	0.04	53	—	0.03	50	—	0.03	45	—	0.02	63	—	0.02	35	0.04	69
Mn	мг/л	0.1	0.001	30	0.001	0.062	51	0.067	0.049	27	0.046	<0.001	—	0.001	0.002	21	0.008	0.002	53	0.093	41
Fe	мг/л	0.3	0.098	54	0.130	0.851	84	0.926	0.529	54	0.821	0.103	34	0.117	0.079	11	0.220	0.096	47	0.269	70

Примечание. ПМО – перманганатная окисляемость; Ж – общая жесткость; М – общая минерализация; V – коэффициент вариации; прочерк – данные отсутствуют; 2014–2020 гг. – усредненный состав на основании наблюдений ГПБУ “Мосэкомониторинг”; 2022 г. – данные авторов. Жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК питьевых вод нецентрализованного водоснабжения [24].

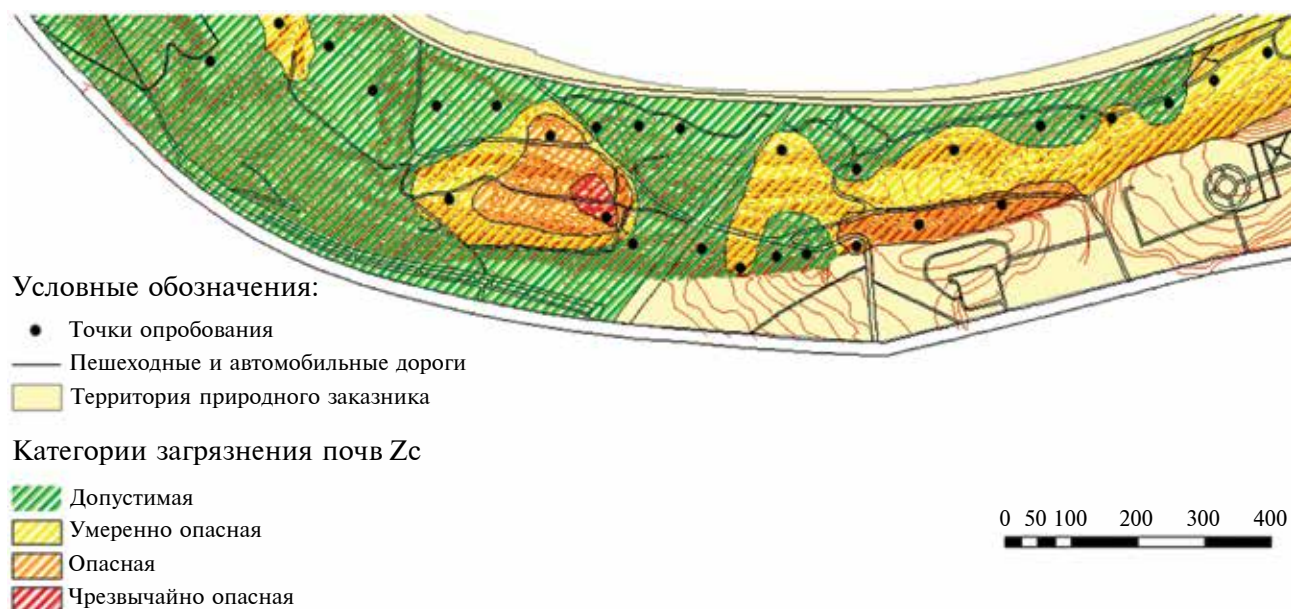


Рис. 6. Карта-схема районирования почвенного покрова (эдафотоп) территории Воробьевых гор по величине суммарного показателя (Z_c): категория допустимая — $Z_c < 16$; умеренно-опасная — $Z_c = 16-32$; опасная — $Z_c = 32-128$; чрезвычайно опасная — $Z_c > 128$.

территории Воробьевы Горы” получены предварительные данные по ряду параметров в почвах и растительности. Почвы по величине превышения предельно допустимых концентраций (Кпдк) и ориентировочно допустимых концентраций (Кодк) имеют отдельные локальные максимумы, приуроченные к понижениям с застойным водным режимом, либо в зоне влияния старых площадок несанкционированных пикников.

Эколого-геохимические особенности почвенных ресурсов

Анализ концентрации поллютантов в почве по профилям, пройденным перпендикулярно автотрассе, показали мозаичный характер их распределения в пределах вариации средних значений, характерных для территории заказника, что, вероятно, обусловлено регулярной ротацией газонных почв в весенне-осенний период. Сопоставление полученных данных с типичными для региона фоновыми концентрациями выявило тенденцию аналогичную, пространственной изменчивости Кпдк.

Анализ уровня загрязнения почв по величине суммарного показателя загрязнения (Z_c) показал, что большинство изученных проб с территории заказника относится к допустимой категории загрязнения. За исключением локального аномального участка (100 м к западу от нижней станции метрополитена) в районе насыпного техногенного массива с повышенной влажностью ($Z_c = 134$), образованного на этапе реконструкции станции метрополитена. Интегральная оценка выполнена

на базе принципа доминанты наихудшего показателя по итогам анализа данных по абиотическим (почвы) и биотическим компонентам (листья клена) геосистем.

Большинство аналитических исследований почвенных проб имеют допустимый уровень загрязнения ($Z_c < 16$). Умеренно-опасная категория загрязнения диагностирована в пробах, приуроченных к перекрестку ул. Косыгина и Проспекта Вернадского. Опасный и умеренно-опасный уровень загрязнения зафиксирован в районе техногенно-переотложенного насыпного массива, в зоне влияния автодорожного моста (см. рис. 6).

Анализ уровня загрязнения фитоценозов по величине суммарного показателя загрязнения показал, что по уровню Z_c для изученных проб листьев клена определен допустимый уровень загрязнения, за исключением точек опробования, расположенных у границ заказника, в местах его примыкания к Проспекту Вернадского (на нижней границе умеренно опасной категории).

Эколого-геофизические особенности территории ООПТ

Изучение эколого-геофизических особенностей территории показало, что мощность эквивалентной дозы (МЭД) гамма-излучения и значения эффективной удельной активности нуклидов в грунте на исследуемом участке не превышают значений, установленных [12]. Вариации гамма-излучения на территории Воробьевых гор составляет 0.05–0.12 мкЗв/час, что является

нормальным уровнем мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения в равнинных районах и не превышает фоновых значений для Москвы (0.09–0.14 мкЗв/час).

Значение плотности потока радона в изученных эксплуатируемых помещениях не превышает нормируемый предел для производственных зданий и фоновые для Москвы значения. Максимальные величины уровня вибрации и шума (более 70 дБ) фиксируются в месте сочленения Проспекта Вернадского и метрополитана и находятся в непосредственной близости от эскалаторной галереи. По уровню звукового давления на территорию заказника зафиксированы вариации от 35 до 50 и более дБ, превышая в дневные часы уровень комфорта для орнитофауны и рекреантов.

Недоучет в первоначальной конструкции галереи дополнительного вибрационного воздействия в синхронизации с природными процессами привело в конце 1980-х гг. к ее деформации, в результате на десятилетия была нарушена комфортность посещения жителями рекреации Воробьевых гор (см. рис. 4). На основе новых технологий XXI в. их удалось минимизировать.

Однако на современном этапе анализа эколого-ресурсного потенциала важно помнить, что избыточные вибрационные и акустические аномалии влияют на способность воспроизводства у биоты, например, у хищных птиц (на территории заказника наиболее подвержена шумовому воздействию популяция сов).

При планировании светового освещения проектировщики ориентировались на визуальную привлекательность территории для рекреантов. И добились прекрасного видеоэффекта с метрополитана, смотровой площадки и других объектов городской инфраструктуры (см. рис. 1).

Как наглядно видно (см. рис. 1в) для орнитофауны, а также спортсменов, совершающих вечерние тренировки, эффект не столь однозначен. Орнитофауна оказывается погруженной в избыточное освещение в пределах лесных насаждений, что приводит к дестабилизации их биоритмов. В работе Л.Е. Лукьянова, Т.М. Красовской [17] проведено районирование центральной части территории Воробьевых гор по уровню превышения освещенности фоновых характеристик. Рационально реализовать дополнительные исследования и скорректировать схему освещений с учетом статуса границ природного заказника “Воробьевы горы”.

ВЫВОДЫ

Отличительной особенностью особо-охраняемой природной территории “Воробьевы горы” являются высокая степень изученности её эколого-ресурсного потенциала, а также наличие

массива междисциплинарных данных, что позволяет совершенствовать модели устойчивого развития зеленого пояса мегаполиса на базе наилучших доступных технологий в сфере реализации их рекреационных, средозащитных, санитарных и эколого-просветительских функций.

Наибольшее биоразнообразие на территории ООПТ зафиксировано в районах развития древних оползней, столетиями лимитировавших доступность склонов Воробьевых (Ленинских) гор для активного хозяйственного освоения.

Выполненный анализ большого массива геологических данных для решения задачи диагностики местоположения участков с техногенными грунтами позволил разработать модель пространственного распространения массивов техногенных отложений с наиболее уязвимыми компонентами геосистем, что важно учитывать в проектах комплексного благоустройства долины р. Москва.

Техногенные изменения в районе Лужнецкой набережной маркируются и по эколого-геохимическим аномалиям в компонентах геосистем (педосфере, фитоценозах), преимущественно локализуясь в зоне воздействия городских автомагистралей и автопотока, пересекающего эстакаду метрополитана. Целесообразно рассмотреть вопрос об экранировании автомобильной части метрополитана, как источника интенсивных техногенных выбросов на смежную территорию природного заказника.

Эколого-просветительская функция заказника успешно реализуется для всех ступеней образования. Разработка эколого-геологических задач с учетом данных экологического мониторинга позволяет унифицировать процесс подготовки специалистов в высшей школе и в сфере реализации задач устойчивого развития городских геосистем к 2030 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазовский И.К. Вид на Москву с Воробьевых гор. 1848 г. // Айвазовский Иван Константинович. Сайт о жизни и творчестве художника [Электронный ресурс] http://see-art.ru/art_215/ (дата обращения 27.08.2016).
2. Барабошкина Т.А., Кичаева А.П., Сеземан В.И. Эколого-геологические исследования центральной части природного заказника Воробьевы горы // Матер. междунар. научно-практ. конф. “Экологическая геология: научно-практические, медицинские и экономико-правовые аспекты”. Воронеж: ВГУ, 2009. С. 125–127.
3. Барабошкина Т.А., Самарин Е.Н., Белютина В.С. Геоэкологические особенности Воробьевых гор (Москва, Россия) // Матер. годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (24–25 марта 2016.). Сергеевские чтения. Вып. 18. М.: РУДН, 2016. С. 244–248.
4. Барыкина О.С., Зеркаль О.В., Самарин Е.Н., Гвоздева И.П. К вопросу о развитии оползневых процессов на Воробьевых горах (г. Москва) // В сб.

- Инженерно-геологические задачи современности и методы их решения: матер. научно-практ. конф. 2017. С. 111–117.
5. *Белютина В.С., Самарин Е.Н., Барабошкина Т.А.* Эколого-геологические условия природного заказника Воробьевы Горы (город Москва) // Школа экологической геологии и рационального недропользования. СПб.: ИЦ СПбГУ. 2014. С. 131–133.
 6. *Бурова В.Н.* Основные принципы оценки риска урбанизированных территорий // Геоэкология. 2020. № 5. С. 78–88.
 7. *Варава К. В.* Некоторые особенности эколого-геохимического мониторинга рекреационных зон Москвы // Разведка и охрана недр. № 7. 2012. С. 17–22.
 8. Воробьевы горы. Спортивно-развлекательный комплекс. [Электронный ресурс] <https://srkvg.ru/srk-vorobyovy-gory/proekt-razvitiya> (дата обращения 28.06.2023).
 9. Доклад о состоянии окружающей среды в г. Москве в 2011 г. М.: Департамент природопользования и ООС / Под ред. А.О. Кульбачевского. 2012. 153 с. <https://www.mos.ru/eco/documents/doklady/view/63268220/>
 10. *Жидков Р.Ю., Абакумова Н.В., Рекун В.С.* Применение комплексного ретроспективного анализа при определении конфигурации массивов техногенных грунтов на примере г. Москвы // Инженерная геология. № 1. 2023. С. 12–17.
 11. *Завершинский А.Н., Можаров А. В., Рязанов А. В.* Рекомендации по изучению, охране и благоустройству родников: учебно-методическое пособие. Тамбов: ТГУ им. Г.Р. Державина. 2020. 38 с.
 12. *Карпова Е.А., Самарин Е.Н., Барабошкина Т.А.* Оценка радиационного фона и загрязнение почв Центральной части природного заказника Воробьевы горы // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сб. науч. тр. Вып. 13. М.: Изд-во РУДН, 2011. С. 84–90.
 13. *Косинова И.И., Барабошкина Т.А.* Практикум к учебной полевой практике по экологической геологии. Воронеж: Воронежский государственный университет. 2006. 64 с.
 14. *Кюнцель В.В.* О возрасте глубоких оползней Москвы и Подмосковья, связанных с юрскими глинистыми отложениями // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1965. XL (8), С. 93–100.
 15. *Лубкова Т.Н., Липатникова О.А., Филатова О.Р., Балыкова И.В.* Рентгенофлуоресцентный анализ сульфат-иона в водных растворах по методу высушенной капли с использованием портативного спектрометра // Вестник Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2022. № 2. С. 59–67.
 16. *Лукашов А.А.* Оползни Воробьевых гор // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты: VI Щукинские чтения: труды. М.: Географический факультет МГУ. 2010. С. 166–168.
 17. *Лукьянов Л.Е., Красовская Т.М.* Влияние светового загрязнения на местообитание птиц на территории природного заказника “Воробьевы Горы” // Проблемы региональной экологии. 2022. №1. С. 100–107.
 18. О мерах по развитию территорий Природного комплекса Москвы. Постановление N 564-ПП 21 июля 1998 г. М.: Правительство Москвы. [Электронный ресурс] <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/28106220/> (дата обращения 20.07.2023).
 19. *Омельяненко Г.Б., Гухман Е.В., Смольянинов Е.О., Романенко Л.Н.* ООПТ – природный заказник “Воробьевы Горы”. М.: Москомархитектура, ГУП НИИП ИГП, 2004. 125 с.
 20. *Парецкая М.Н.* Зависимость морфологии оползней выдавливания Подмосковья от прочности юрских глин // Тр. ВСЕГИНГЕО. 1975. Вып. 81. С. 94–97.
 21. Парк Горького. [Электронный ресурс] <http://www.park-gorkogo.com/about/vorobyovy-gory/history-of-vorobyovy-gory/> (дата обращения 28.12.2014)
 22. Развитие территории спортивного комплекса Воробьевы горы. [Электронный ресурс] <https://ano-sport.ru/project/30-razvitiye-territorii-sportivnogo-kompleksa-vorobyovy-gory#gallery-2512928294-4> (дата обращения 25.01.2023).
 23. *Самсонова С.Ю., Белютина В.С., Барабошкина Т.А., Самарин Е.Н., Огородникова Е.Н.* Эколого-геоморфологический анализ в обосновании управления городскими особо-охраняемыми природными территориями // Вестник РУДН. Серия: “Экология и безопасность жизнедеятельности”. 2013. № 2. С. 93–99.
 24. СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62296). [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 22.01.2023).
 25. Свидетельство об аттестации МВИ №2420/69–2004. СПб, М. 2004. 4 с.
 26. *Трофимов В.Т., Барабошкина Т.А.* Программа дисциплины “Экологическая геология техногенно-осваиваемых территорий (ТОТ)” // Инновационные магистерские программы геологического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. М.: Изд-во. Московского университета, 2007. С. 199–207.
 27. *Трофимов В.Т., Королёв В.А., Куриленко В.В., Косинова И.И.* Учебные полевые практики студентов по экологической геологии // Инженерные изыскания. 2011. № 4. С. 32–48.
 28. *Школин А.А., Маленкина С.Ю.* Коренные отложения и аммониты нижневолжского подъяруса (верхняя юра) в Москве и Подмосковье: новое открытие для изученного региона // Prehistoric. Палеонтологическое наследие: изучение и сохранение. М.: Медиа-гранд, 2015. С. 89–94.
 29. Экологическая ситуация города Москвы. Мосэкомониторинг [Электронный ресурс] <https://mosecom.mos.ru/> (дата обращения 15.09.2021).
 30. *Barykina O.S., Zerkal O.V., Samarina E.N., Gvozdeva I.P.* The History of Slope Evolution – Primary Cause of its Modern Instability (by Example of the “Vorobyovy Gory” Landslide // Natural Hazards and Risk Research in Russia. Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering, Springer Cham, 2019. P. 1000–1007.
 31. *Stiff H.A.* The interpretation of chemical water analysis by means of patterns // J. Petrol. Technology. 1951. Vol. 3. N 10. P. 15–17.
 32. *Tishkina E.V., Paramonova T.A., Krasnov S.F., Tolstikhina D.O.* Soil cover structure and estimation of soil pollution by the main ecotoxicants in the Vorob’evy gory nature // Moscow University Soil Science Bulletin. 2010. Vol. 65. N 1. P. 39–45.

RESOURCE POTENTIAL OF VOROB'EVY GORY GEOSYSTEMS: HISTORY, STUDY, AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

T. A. Baraboshkina^{a, #}, E. N. Samarin^{a, #}, I. V. Averin^{b, ##}, R. Yu. Zhidkov^{c, ###}, N. N. Rakitina^{c, ###},
I. A. Rod'kina^{a, #}, V. S. Rutschina^{d, ####}, T. N. Lubkova^{a, #}, O. A. Lipatnikova^{1, *}

^aLomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, Moscow, 119234 Russia

^bEngineering Geology LLC, ul. Yartsevskaya, 16, Moscow, 121351 Russia

^cMoscow Trust of Geological, Geophysical and Cartographic Works, ul. Zorge, 1, Moscow, 123308 Russia

^dMedbridge LLC, ul. 5-ya Magistral'naya, 20, Moscow, 123007 Russia

[#]E-mail: ecolab@mail.ru

^{##}E-mail: i.averin@mail.ru

^{###}E-mail: rzhidkov@gmail.com

^{####}E-mail: geovera@bk.ru

The article based on the methodology of interdisciplinary research solves the problems of retrospective analysis of the resource potential dynamics of geosystem components in the natural reserve located within the boundaries of the largest megacity of Eurasia to diversify the resource potential of the ecological-educational function of its territory. The unique experience of stable functioning of recreational territory is systematized synchronously with socio-economic development of Moscow urban industrial agglomeration based on complex studies. Additionally, some parts of its territory were studied in order to actualize scientific and educational tasks of higher school. The study is based on systematic approach to clarify the ecological state of the components of the environment. Local areas of different vector dynamics of geosystems of different genesis were identified. The role of natural and natural-anthropogenic factors (geological-geomorphological, ecological-geochemical, geodynamic, geophysical, anthropogenic, socio-economic) in the formation of geo-ecological features of the recreational potential of the conservation area of the urban environment is differentiated. The dynamics of the resource potential of the recreational cluster of the megacity occurs synchronously with the growth of the urban population of the urban-industrial complex and depends on the totality of socio-economic, cultural-historical, geo-ecological conditions and the synergetic vector of their interaction. The interdisciplinary approach based on the processing of databases, field observations and laboratory studies allowed the authors to improve the methodology of setting scientific and educational tasks within the framework of the implementation of the ecological-educational function of protected areas. Specially protected natural territories of megacity contribute significantly to the achievement of goals of stable urban development, preservation of biodiversity of territories and recreation areas, predetermining the creation of a comfortable environment for the inhabitants of large cities, contributing to the minimization of health risks for different gender groups of the population.

Keywords: specially protected natural territories, recreation, sustainable development of megacities, ecological and educational function, urban and industrial agglomeration

REFERENCES

1. Aivazovskii, I.K. [View of Moscow from Vorob'evy Gory. 1848]. Available at: http://see-art.ru/art_215/ (accessed 27.08.2016) (in Russian)
2. Baraboshkina, T.A., Kichaeva, A.P., Sezeman, V.I. [Ecological and geological studies of the central part of the Vorob'evy Gory Nature Reserve]. In: [Proc. Intern. Sci. and Pract. Conference. Ecological Geology: scientific, practical, medical and economic-legal aspects]. Voronezh: Voronezh State University, 2009, pp. 125–127. (in Russian)
3. Baraboshkina, T.A., Samarin, E.N., Belyutina, V.S. [Geoeological features of the Vorobyovy Gory (Moscow, Russia)]. In: [Sergeev Readings. Engineering geology and geoeology. Fundamental problems and applied tasks]. Issue.18, Moscow, RUDN Publ., 2016, pp. 244–248. (in Russian)
4. Barykina, O.S., Zerkal', O.V., Samarin, E.N., Gvozdeva, I.P. [About the development of landslides on the Vorob'evy Gory (Moscow)]. In: [Proc. of Sci. and Pract. Conference "Engineering and geological problems of our time and methods of their solution"]. Moscow, 2017, pp. 111–117. (in Russian)
5. Belyutina, V.S., Samarin, E.N., Baraboshkina, T.A. [Ecological and geological conditions of the Vorob'evy Gory Nature Reserve (Moscow)]. In: [School of Ecological Geology and Rational Subsoil Use]. St. Petersburg, SPbGU Publ., 2014, pp. 131–133. (in Russian)
6. Burova, V.N. [Basic principles of risk assessment in urbanized territories]. *Geokologiya*, 2020, no. 5, pp. 78–88. (in Russian)
7. Varava, K.V. [Some features of ecological and geochemical monitoring of recreational zones in Moscow]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2012, no. 7, pp. 17–22. (in Russian)
8. [Vorob'evy Gory. Sports and entertainment complex]. Available at: <https://srkvg.ru/srk-vorobevy-gory/proekt-razvitiya> (accessed 28.06.2023). (in Russian)
9. [Report on the state of the environment in Moscow in 2011]. A.O. Kul'bachevskii, Ed., Moscow, Department of nature management and environment protection. 2012, 153 p. (in Russian)
10. Zhidkov, R.Yu., Abakumova, N.V., Rekun, V.S. [Application of complex retrospective analysis in determining the configuration of technogenic soil massifs by the example of Moscow]. *Inzhenernaya geologiya*, 2023, no. 1, pp. 12–17. (in Russian)
11. Zavershinskii, A.N., Mozharov, A.V., Ryazanov, A.V. [Recommendations on the study, protection and improvement of springs: a manual]. Tambov, Derzhavin TGU, 2020, 38 p. (in Russian)
12. Karpova, E.A., Samarin, E.N., Baraboshkina, T.A. [Assessment of the radiation background and soil contamination

- in the Central part of the Vorob'evy Gory natural reserve]. In: [Actual problems of ecology and nature management: collection of articles]. Moscow, RUDN Publ., 2011, issue 13, pp. 84–90. (in Russian)
13. Kosinova, I.I., Baraboshkina, T.A. [Practicum to the educational field practice on ecological geology]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2006, 64 p. (in Russian)
 14. Kyuntsel', V.V. [About the age of deep landslides in Moscow and Moscow region associated with Jurassic clay deposits]. Byull. MOIP, Otd. geol., 1965, XL (8), pp. 93–100. (in Russian)
 15. Lubkova, T.N., Lipatnikova, O.A., Filatova, O.R., Balykova, I.V. [X-ray fluorescence analysis of sulfate-ion in aqueous solutions by the dried drop method using a portable spectrometer]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 4. Geologiya*, 2022, no. 2, pp. 59–67. (in Russian)
 16. Lukashov, A.A. [Landslides on Vorob'evy hills]. In: [Geomorphologic processes and their applied aspects. Proc. All-Russian scientific conference devoted to the 255th anniversary of Moscow University and 125th anniversary of I. S. Shchukin]. Moscow, Moscow State University, Geographical Faculty, 2010, pp. 166–168. (in Russian)
 17. Luk'yanov, L.E. Krasovskaya, T.M. [Influence of light pollution on the habitat of birds within the nature reserve "Vorob'evy gory"]. *Problemy regional'noi ekologii*, 2022, no. 1, pp. 100–107. (in Russian)
 18. [On the measures to develop the territories of the Nature Complex of Moscow. Resolution N 564–PP July 21, 1998] Moscow: Moscow Government. Available at: <https://www.mos.ru/authority/documents/doc/28106220/> (accessed 20.07.2023). (in Russian)
 19. Omel'yanenko, G.B., Gukhman, E.V., Smol'yaninov, E.O., Romanenko, L.N. [Nature reserve "Vorob'evy gory"]. Moscow, Moskomarkhitektura, 2004, 125 p. (in Russian)
 20. Paretskaya, M.N. [Dependence of morphology of extrusion landslides in the Moscow region on the strength of Jurassic clay]. *Trudy VSEGINGEO*, 1975, issue 81, pp. 94–97 (in Russian)
 21. [Gor'ky Park]. Available at: <http://www.park-gorkogo.com/about/vorobyovy-gory/history-of-vorobyovy-gory/> (accessed 28.12.2014) (in Russian)
 22. [Development of the sports complex Vorobyovy Gory territory (2023)]. Available at: <https://ano-sport.ru/project/30-razvitie-territorii-sportivnogo-kompleksa-vorobyovy-gory#gallery-2512928294-4> (accessed 25.01.2023). (in Russian)
 23. Samsonova, S.Yu., Belyutina, V.S., Baraboshkina, T.A., Samarin, E.N., Ogorodnikova, E.N. [Ecological and geomorphologic analysis in justification of urban management of specially protected natural territories]. *Vestnik RUDN. Seriya: "Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti"*, 2013, no. 2, pp. 93–99. (in Russian)
 24. [SanPiN 1.2.3685–21. Hygienic norms and requirements to ensure the safety and (or) harmlessness for humans of environmental factors (Registered in the Ministry of Justice of Russia 29.01.2021 № 62296)]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: 22.01.2023). (in Russian)
 25. [Certificate of certification of MVI no. 2420/69–2004]. Moscow, 2004, 4 p. (in Russian)
 26. Trofimov, V.T., Baraboshkina, T.A. [Program of the discipline "Ecological Geology of Technogenically Developed Territories (TDT)"]. In: [Innovative Master's Programs of the Geological Faculty, Lomonosov Moscow State University]. Moscow, MSU Publ., 2007, pp. 199–207. (in Russian)
 27. Trofimov, V.T., Korolev, V.A., Kurilenko, V.V., Kosinova, I.I. [Educational field practice of students on ecological geology]. *Inzhenernye izyskaniya*, 2011, no. 4, pp. 32–48. (in Russian)
 28. Shkolin, A. A., Malenkina, S.Yu. [Bedrock and ammonites of the Lower Volga series (Upper Jurassic) in Moscow and the Moscow region: a new discovery for the studied region]. In: [Prehistoric. Paleontological Heritage: Study and Preservation]. Moscow: Mediagrand, 2015, pp. 89–94. (in Russian)
 29. [Ecological situation in Moscow. Mosecomonitoring]. Available at: <https://mosecom.mos.ru/> accessed: 15.09.2021). (in Russian)
 30. Barykina, O.S., Zerkal, O.V., Samarin, E.N., Gvozdeva, I.P. The History of slope evolution – primary cause of its modern instability (by the example of Vorob'evy Gory Landslide. In: Natural hazards and risk research in Russia. Innovation and Discovery in Russian Science and Engineering, Cham, Springer, 2019, pp. 1000–1007.
 31. Stiff, H.A. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *J. Petrol. Technology*, 1951, vol. 3, no. 10, pp. 15–17.
 32. Tishkina, E.V., Paramonova, T.A., Krasnov, S.F., Tolstikhin, D.O. Soil cover structure and estimation of soil pollution by the main ecotoxins in the Vorob'evy Gory nature. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 2010, vol. 65, no. 1, pp. 39–45.