

## К вопросу об инженерно-экологических изысканиях на территориях индивидуальной жилой застройки (на примере города Йошкар-Олы)

Е. А. Гончаров✉, Д. Д. Головков, А. В. Локалов

Поволжский государственный технологический университет,  
Российская Федерация  
(424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3)

**Аннотация.** Цель – оптимизация содержания работ инженерно-экологических изысканий на участках индивидуального жилого строительства. Исследования выполнены на примере участка городского округа «Город Йошкар-Ола».

**Материалы и методы.** На основе анализа нормативно-правовой документации рассмотрены требования к проведению инженерно-экологических изысканий для объектов жилого строительства в части обследования почвенных и радиологических условий территории. По литературным и фондовым материалам дана физико-географическая и социально-экономическая характеристика территории. На основе ландшафтно-геохимического подхода определены участки полевого опробования. Исследования выполнены с использованием лабораторной и методической базы аккредитованной лаборатории.

**Результаты и обсуждение.** Выполнены рекогносцировочные исследования почвенно-экологических характеристик территории города Йошкар-Олы, отведенной для индивидуального жилого строительства. Участок обладает однородным минералогическим составом. Радиологические характеристики территории (содержание в почве природных и техногенных радионуклидов, выделение радона, мощность дозы гамма-излучения) соответствуют санитарным нормам для жилого строительства. Агрохимические показатели (высокая обеспеченность подвижными формами фосфора и калия) свидетельствуют об интенсивном сельскохозяйственном прошлом территории.

**Выводы.** Статистически доказано наличие положительных аномалий кадмия относительно фоновых концентраций, что может быть связано с внесением минеральных удобрений. Геоинформационное представление и статистическая обработка результатов рекогносцировочной оценки почвенно-экологических параметров территории на основе ландшафтно-геохимического подхода позволяет оптимизировать проведение детальных исследований, выделение участков опробования и определения числа отбираемых проб.

**Ключевые слова:** инженерно-экологические изыскания, радионуклиды, тяжелые металлы, загрязнение почвы, природопользование.

**Для цитирования:** Гончаров Е. А., Головков Д. Д., Локалов А. В. К вопросу об инженерно-экологических изысканиях на территориях индивидуальной жилой застройки (на примере г. Йошкар-Олы) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2023, № 3, с. 98-111. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/98-111>

### ВВЕДЕНИЕ

Инженерные изыскания выполняются для подготовки проектной документации, строительства и реконструкции объектов капитального строительства. Инженерно-экологические изыскания (ИЭИ) выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окру-

жающей среды в результате реализации проектов строительства и реконструкции; предотвращения или минимизации нежелательных экологических и иных последствий; сохранения оптимальных условий жизни населения [8].

При выполнении инженерно-экологических изысканий на территории изучению подлежат как

© Гончаров Е. А., Головков Д. Д., Локалов А. В., 2023

✉ Гончаров Евгений Алексеевич, e-mail: [GoncharovEA@volgatech.net](mailto:GoncharovEA@volgatech.net)



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.



Рис. 1. Фрагмент карты функционального зонирования городского округа «Город Йошкар-Ола»<sup>1</sup>  
 [Fig. 1. Fragment of the map of functional zoning of the City District «City of Yoshkar-Ola»]

отдельные компоненты геосистем, так и ландшафтная структура территории; характер и история использования территории; опасные природные и антропогенные процессы; социально-экономические условия [7, 8].

Проводить инженерные изыскания необходимо во всех случаях, когда требуется архитектурно-строительное проектирование. Однако при строительстве, реконструкции объектов индивидуального жилищного строительства (ИЖС) подготовка проектной документации и, следовательно, проведение изысканий не требуется. При этом застройщик по собственной инициативе вправе обеспечить подготовку проектной документации применительно к объекту ИЖС, что ведет к удорожанию строительства.

Таким образом, земельные участки, выделяемые под индивидуальную жилую застройку, в первую очередь льготным категориям граждан, являются «terra incognita» в плане информации

об экологическом состоянии (безопасности) территории для будущих жителей, которые, как правило, даже не задумываются об этом или осознанно экономят при строительных работах.

Целью данной работы стала оптимизация содержания работ инженерно-экологических изысканий на участках индивидуального жилого строительства.

При этом ставились задачи: 1) рассмотреть требования к содержанию работ по инженерно-экологическим изысканиям для разработки проектной документации объектов жилого строительства; 2) провести оценку экологического состояния территории на примере крупного земельного участка ГО «Город Йошкар-Ола», выделенного под застройку индивидуальными жилыми домами для льготных категорий граждан, включающую анализ ландшафтной структуры и истории использования территории, почвенное опробование и оценку радиационной обстановки.

<sup>1</sup>Генеральный план городского округа "Город Йошкар-Ола". – URL: <https://www.iola.ru/regulatory/grad/index.php> (дата обращения: 06.05.2022).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с содержанием работ по инженерно-экологическим изысканиям на первом этапе был собран литературный и фондовый материал о территории исследования, который послужил основой для физико-географической и социально-экономической и характеристики территории.

Объектом исследования послужил земельный участок на северо-востоке городского округа «Город Йошкар-Ола» площадью 5,1 км<sup>2</sup> (кадастровый квартал 12:05:4501001), выделенный в 2013 году для льготных категорий граждан под индивидуальное жилое строительство и разбитый на 1600 индивидуальных участков – 3, 4, 5 и 6 очереди строительства (рис. 1).

**Физико-географическая характеристика территории. Геология.** Четвертичные отложения представлены мучкапско-окским горизонтом – аллювиальными песчаными, суглинистыми отложениями террасовидных равнин высокого уровня (территория с абсолютными отметками 115-135 м) и лихвинским горизонтом – подмосковным надгоризонтом – аллювиальными песчаными, суглинистыми отложениями террасовидных равнин низкого уровня (северная и восточная часть участка с отметками ниже 115 м).

Четвертичные отложения подстилаются глинами, мергелями, алевролитами, песчаниками слободской свиты северодвинского горизонта татарского яруса верхней перми<sup>2</sup> (рис. 2).

**Гидрогеология.** Источником нецентрализованного водоснабжения может служить водоносная верхнеуржумская терригенно-карбонатная свита (P<sub>2</sub>ur<sub>2</sub>). Глубина залегания кровли 15-35 м (см. рис. 2).

Водовмещающие породы представлены известняками кавернозными, трещиноватыми, песчаниками, песчаными алевролитами. Воды пластово-поровые и трещинные, безнапорные, гидрокарбонатные магниево-кальциевые, с минерализацией 0,2-0,4 г/л и жесткостью 1,6-5,5 мг-экв/л. Основным источником централизованного водоснабжения на объекте исследования является водоносная нижнеуржумская карбонатно-терригенная свита (P<sub>2</sub>ur<sub>1</sub>). Кровля свиты залегает на глубине 55-75 м. В строении свиты принимают участие карбонатные породы, песчаники, алевролиты и глины. Мощность свиты составляет 60-70 м. Воды трещинные, напорные, гидрокарбонатные магниево-кальциевые с минерализацией 0,3-0,4 г/л и жесткостью 1,8-7,3 мг-экв/л. Подстилающим водоупором служат верхнеказанские монолитные карбонатные породы. Питание водоносных свит происходит за счет инфильтрации в местах их выхода на дневную поверхность, перетока вод из выше- и нижележащих водоносных подразделений. Разгрузка осуществляется в направлении движения к речным долинам<sup>3</sup>.

**Рельеф** территории – слабонаклонная равнина (крутизна склонов менее 1,5°). Абсолютные высоты меняются от 135 м (на юго-западе участка) до 107 м (на северной и восточной окраине участка). Экспозиция склонов северо-западная, северная, северо-восточная и восточная. Рельеф участка построен по данным SRTM съемки (рис. 3).

**Поверхностные воды** на восточной стороне участка представлены рекой Пуялкой (с водохранилищем) (установлена водоохранная зона шириной 100 м, прибрежная защитная полоса 50 м) – притоком реки Монаги (приток реки Малой Кокшаги),



Рис. 2. Фрагменты геологических карт<sup>3</sup> и гидрогеологического разреза  
[Fig. 2. Fragments of geological maps and hydrogeological section]

<sup>2</sup>Государственная геологическая карта. Лист О(38)39, масштаб 1:1000 000. – URL: [http://www.geolkarta.ru/list\\_200.php?idlist=O\(38\)39](http://www.geolkarta.ru/list_200.php?idlist=O(38)39) (дата обращения: 24.04.2022).

<sup>3</sup>Эколого-географический атлас Республики Марий Эл. – URL: <https://xn--12-glci9b.xn--plai/atlas/> (дата обращения: 24.04.2022).

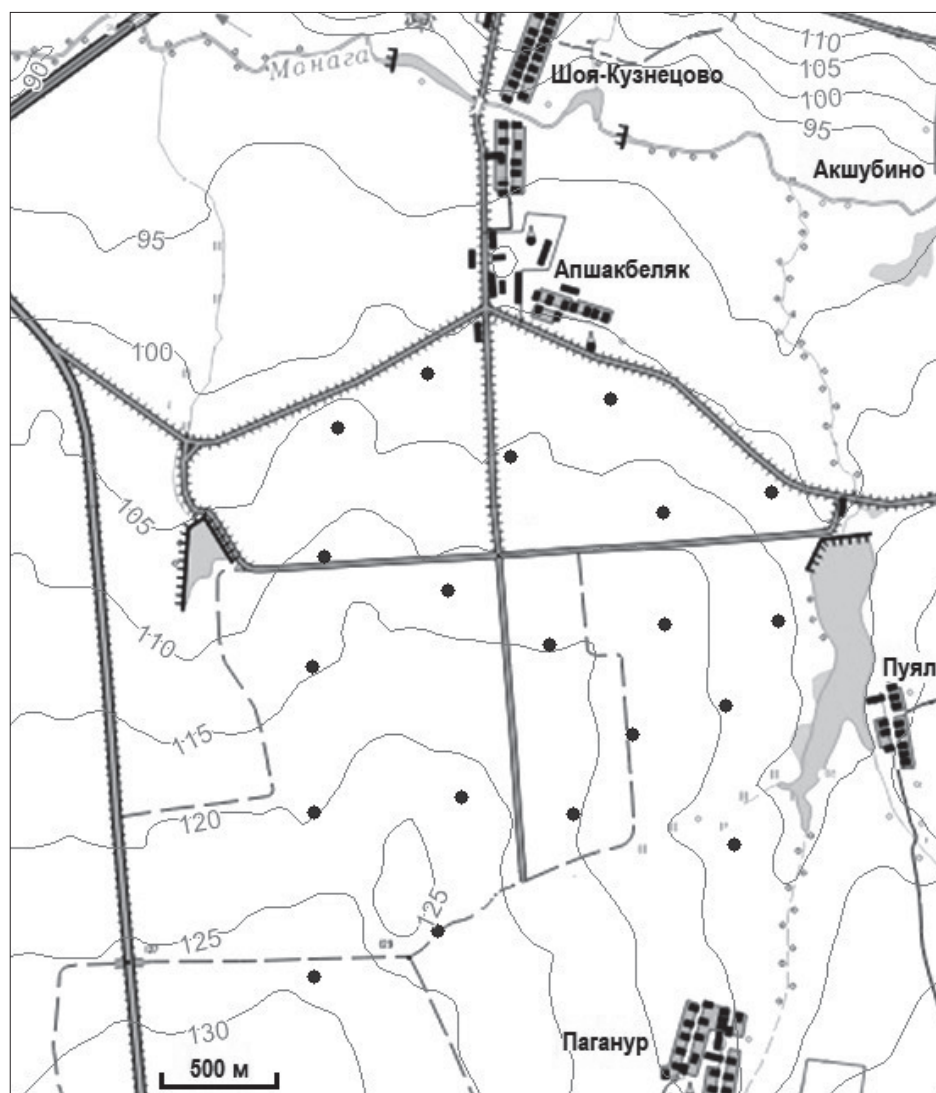


Рис. 3. Фрагмент топографической карты и расположение точек опробования  
[Fig. 3. A fragment of a topographic map and the location of sampling sites]

на западе участка – искусственным водоемом с аквакультурой, используемым для платной рыбалки.

*Климат* умеренно континентальный, с теплым летом, морозной зимой с устойчивым снежным покровом и хорошо выраженными переходными сезонами: весной и осенью. Среднегодовая температура воздуха  $+3,5...+4$  °С, средняя температура января  $-11$  °С, средняя температура июля  $+19$  °С, годовая сумма осадков 540 мм. Суммарная солнечная радиация на горизонтальную поверхность  $5765$  МДж/м<sup>2</sup> в год. Радиационный баланс, характеризующий разность между количеством тепла, получаемого землёй, и потерей тепла земной поверхностью, при средних условиях облачности в среднем за год составляет  $1350-1450$  МДж/м<sup>2</sup>. Максимальные значения наблюдаются в июне  $330-350$  МДж/м<sup>2</sup>, минимальные – в январе ( $-30 ... -45$  МДж/м<sup>2</sup>).

*Почвы* на участке окультуренные дерново-слабо- и среднеподзолистые суглинистые, подстилаемые аллювиальными цементированными песками. Глубина промерзания грунта  $1,4-1,5$  м. Современные данные, характеризующие химическое состояние почв данного района городского округа, отсутствуют. Обследование почв городской территории Йошкар-Олы, проведенное в 2013-2016 годах. ФГБУ «Верхне-Волжское УГМС» под руководством ФГБУ «НПО «Тайфун» [5], выявило почвах города повышенные концентрации относительно фоновых территорий валовых форм следующих элементов (мг/кг): хром до 42 (фон до 24), свинец до 94 (фон до 32), никель до 33 (фон до 15), цинк  $31-85$  (фон до 32), нефтепродукты  $91-887$  (фон  $41-157$ ). Данные результаты согласуются с результатами исследований [4, 9], в соответствии с которыми показатель  $Z_c$  [3, 7, 11] на территории

города, рассчитанный по превышениям концентраций валовых форм Ni, Cd, Co, Zn, Cu, Cr, Pb относительно их городского фона, менялся от 0 до 50. В то же время средние концентрации элементов в почвах города либо значительно ниже, либо соответствуют концентрациям в почвах больших и крупных городов [1, 4]. Мониторинг за агрохимическими показателями (кислотность, содержание гумуса, подвижный фосфор и калий) пахотных угодий в период сельскохозяйственного использования участка осуществлялся ФГБУ «Станция агрохимической службы «Марийская». По усредненным данным по сельхозпроизводителям муниципального образования почва в 2005-2010 годах характеризовались очень низким содержанием гумуса (1,95%), по рН – близкие к нейтральным и нейтральные (средневзвешенное рН 5,81), высокой обеспеченностью подвижного фосфора (200-220 мг/кг почвы) и повышенной обеспеченностью подвижного калия (125-150 мг/кг почвы)<sup>4</sup>.

*Растительность* – на участке исследования коренные геосистемы отсутствуют и замещены производными – суходольными лугами и молодняками осинников и березняков на месте пахотных сельскохозяйственных угодий.

*Ландшафты*: территория исследования расположена в пределах физико-географического ландшафтного района – Оршанско-Кокшагская равнина. Тип местности – междуречно-недренированный. Основные коренные урочища: водораздельные слабоволнистые равнины с уклоном поверхности 0,5-1,5° с дерново-подзолистыми почвами на покровных суглинках с близким залеганием глинисто-мергелистых пород татарского яруса под сложными ельниками [2]. Степень антропогенной нарушенности территории оценивается как сильная в связи со 100% распаханностью территории в недавнем прошлом.

*Характеристика социально-экономических условий территории исследования.* Предыдущий тип природопользования на территории – сельскохозяйственный – на территории были расположены пахотные угодья государственного унитарного предприятия "Овощевод" (с 1977 года), до этого земли также использовались в сельском хозяйстве.

*Планируемый вид природопользования* – селитебный и рекреационный.

*Существующее население*: участок создан на территории, прилегающей к деревне Апшакбеляк.

По данным переписи 2010 года<sup>4</sup> в деревне Апшакбеляк проживало 28 человек. Вокруг участка расположены деревня Паганур (к югу) с населением 106 человек, деревня Пуял (к юго-востоку) с населением 18 человек, деревня Акшубино (к северо-востоку, 36 человек), деревня Шоя-Кузнецово (на севере, 575 человек). В настоящее время в результате застройки численность в деревнях увеличилась в 1,5-2 раза.

*Перспективное население* – с учетом застройки всех 6 очередей строительства (2500 участков) население территории должно возрасти в 10 раз.

*Транспортная инфраструктура* представлена дорогой федерального значения «Вятка» на западе участка изысканий (дуга объезда города Йошкар-Олы), дорогой местного значения село Кузнецово – деревня Русский Кукмор – село Сурты, двумя асфальтированными дорогами бывшего предприятия "Овощевод".

*Техногенные объекты*: участок исследования расположен на приаэродромной территории аэродрома города Йошкар-Олы, с юга к участку примыкают сельскохозяйственные (пахотные угодья) земли сельскохозяйственного производственного кооператива «Нива», на востоке участок ограничивает водохранилище и река Пуялка, в 300 м от юго-западного угла участка расположено производственное подразделение Общества с ограниченной ответственностью «Птицефабрика Акашевская», по участку проходят воздушные линии электропередач (охранная зона 20 м).

*Опасные природные процессы* и природно-антропогенные процессы: подтопление территории, прилегающей к пойме реки Пуялки.

*Содержание программы инженерно-экологических изысканий почвенного покрова.* Наиболее сложными и затратными являются почвенные исследования. Данные изыскания в рамках ИЭИ выполняются в целях: получения информации о почвах изучаемой территории и их экологическом состоянии; определения характеристик плодородного слоя и необходимости его снятия; выявления загрязненных участков, требующих проведения санации и/или рекультивации; разработки рекомендаций по защите почв.

Стандартный набор лабораторно контролируемых при изысканиях почвенных параметров включает определение: рН солевой вытяжки; содержания тяжелых металлов (свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, ртути), мышьяка, бензпирена и нефтепродуктов.

<sup>4</sup>Итоги ВПН-2010 по Республике Марий Эл. - URL: <https://maristat.gks.ru/folder/31680/> (дата обращения: 06.05.2022)

Основные негативные воздействия на почвенный покров исследуемой территории связаны с многолетней сельскохозяйственной деятельностью (растениеводство – обработка почвы, внесение удобрений и ядохимикатов, загрязнение нефтепродуктами от сельскохозяйственной деятельности) и выбросами от транспортной инфраструктуры, поэтому стандартный перечень химических показателей почв должен быть расширен с учетом хозяйственного освоения территории (видов землепользования), специфики объектов проектирования. Максимальный «набор» контролируемых показателей необходим территориям населенных пунктов, рекреационным объектам, зонам санитарной охраны источников водоснабжения, а также сельскохозяйственным угодьям, огородам и приусадебным участкам<sup>5</sup>. Здесь к «стандартному» набору добавляются показатели: «санитарное число», аммонийный, нитритный и нитратный азот, хлориды, сернистые соединения, пестициды, удобрения с микроэлементами, детергенты, канцерогенные вещества, цианиды, полихлорированные бифенилы, фенолы, эффективная удельная активность природных радионуклидов, удельная активность техногенных радионуклидов, а также санитарно-бактериологические, санитарно-гельминтологические и санитарно-энтомологические данные.

Опробование почв выполняют на пробных площадках или в точках. Площадка опробования должна располагаться в пределах однородного почвенного контура и элемента рельефа с одинаковой степенью эродированности. При этом пробные площадки намечают: по координатной сетке с равными расстояниями (при предполагаемом равномерном загрязнении), с неравномерными расстояниями (при неравномерном загрязнении) или по концентрическим окружностям (при формировании загрязнения вокруг локального источника). Для определения содержания в почве химических веществ при однородном почвенном покрове размер пробной площади составляет от 1 до 5 га, при неоднородном почвенном покрове – от 0,5 до 1 га<sup>6</sup>.

Для контроля загрязнения почв сельскохозяйственных угодий в зависимости от географическо-

го положения, характера источника загрязнения, типа и эродированности почвы, возделываемой культуры и рельефа местности, интенсивности внесения фосфорных удобрений на каждые 0,5–20,0 га территории закладывают не менее одной пробной площадки<sup>7,8</sup>.

Уровень химического загрязнения почв населенных мест оценивают по суммарному показателю химического загрязнения  $Z_c$  [3, 7, 11]. При отсутствии фактических данных по региональному фону содержания контролируемых химических элементов в почвах центрально-европейской части России в соответствии с [7] допускается использование справочных материалов или ориентировочных значений. Так ориентировочные значения для дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почв по Cd, Pb и Cu составляют соответственно 0,12, 15 и 15 мг/кг.

Для оценки радиационной обстановки на территории изысканий выполняют: поисковую гамма-съемку земельных участков для выявления локальных радиоактивных загрязнений; дозиметрическую съемку мощности эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД); определение плотности потока радона на участках планируемой застройки (при проектировании зданий и сооружений с постоянным пребыванием людей, т.е. непрерывно, в течение более 2 ч); определение радионуклидного состава ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) и удельной эффективной активности естественных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) в пробах почв на участках локальных радиационных аномалий и в случаях строительства зданий и сооружений с постоянным пребыванием людей.

Детальность радиологических съемок зависит от размеров обследуемого участка и наличия данных о размещении зданий. Так расстояния между параллельными маршрутами поисковой съемки составляет от 1 до 50 м [7]; густота точек измерения МЭД – не менее 10 точек на 1 га (не менее 5 точек на земельном участке меньшей площади), радоновой съемки – от 5 до 100 точек на га (не менее 10 точек в пределах контура здания). При этом на участке жилого строительства МЭД не должна превышать 0,30 мкЗв/ч, плотность потока

<sup>5</sup>ГОСТ Р 58486-2019 Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166926> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>6</sup>ГОСТ 17.4.3.01-2017 Почвы. Общие требования к отбору проб. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200159508> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>7</sup>ГОСТ 17.4.4.02-2017 Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158951> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>8</sup>ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168814> (дата обращения: 01.04.2022).

радона во всех контрольных точках не превышает 80 мБк/(м<sup>2</sup>·с), при этом среднее значение на обследованной площади участка с учетом неопределенности измерений также не должно превышать 80 мБк/(м<sup>2</sup>·с)<sup>9</sup>.

В целом при выполнении полевых изысканий учитывались требования [7, 8] и перечисленных выше стандартов и методических указаний. При этом количество точек опробования было оптимизировано на основе ландшафтно-геохимического подхода. Также учитывался исторический фактор – история предыдущего использования территории [13]. Построение тематических карт выполнено в ГИС MapInfo.

Лабораторные исследования выполнялись на базе аккредитованной лаборатории физико-химического и биологического анализа объектов окружающей среды ЦКП «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» Поволжского государственного технического университета по аттестованным методикам<sup>10, 11, 12, 13, 14</sup>.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выполнение полной программы обследований на обширном участке является высоко затратным (по стоимости и трудоемкости) как в целом для рассматриваемой части городского округа, так и применительно к каждому индивидуальному участку ИЖС, поэтому для рекогносцировочной оценки в рамках данной работы был применен ландшафтно-геохимический подход для ряда показателей и расчета их коэффициентов вариации [11, 14]. Для этого с учетом ландшафтных условий были определены направления латеральных связей сопряженных геосистем, вдоль которых были заложены точки опробования (см. рис. 3). В точках проводился отбор проб почв цилиндрическим пробоотборником Ø 40 мм на глуби-

ну 20 см. Объединенная проба формировалась из 8 кернов. В почве определялись следующие показатели: рН солевой вытяжки, органическое вещество, подвижные формы калия и фосфора, нефтепродукты, валовые формы кадмия, свинца и меди, удельная активность (А) и эффективная удельная активность (А<sub>эфф</sub>) естественных (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K) и плотность поверхностного загрязнения (Р) техногенными (<sup>137</sup>Cs) радионуклидами. Из радиологических параметров оценивалась мощность эквивалентной дозы внешнего гамма-излучения (МЭД) и плотность потока радона из почвы (ППР). Набор показателей оптимизирован с учетом предыдущего сельскохозяйственного (пашня) использования территории [15, 18], данных инженерных изысканий на участках строительства централизованного водопровода и автодорог, а также с учетом предстоящего использования участков (жилое строительство, личное подсобное хозяйство, рекреационные объекты).

Результаты статистической обработки измерений приведены в таблице 1, пространственное распределение показателей приведено на рисунках 4-7.

Территории исследования обладает однородным минералогическим составом почвообразующих пород, что подтверждают абсолютно однородные (коэффициент вариации V=4-7%) данные содержания природных радионуклидов, соответствующего суглинистым и глинистым почвам (см. рис. 4). При этом удельная эффективная активность естественных радионуклидов (<sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K) низкая (не превышает 104 Бк/кг) и соответствует санитарным нормам (370 Бк/кг). Интенсивность выделения радона также соответствует нормам радиационной безопасности для жилого строительства – максимальные значения не превышают 37 мБк/(м<sup>2</sup>·с).

<sup>9</sup>МУ 2.6.1.2398-08 Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200069978> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>10</sup>ГОСТ Р 54650-2011 Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094361> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>11</sup>ГОСТ 26213-91 Методы определения органического вещества. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023481> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>12</sup>ГОСТ 26483-85 Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023490> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>13</sup>Методика измерений валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02). – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293797/4293797546.htm> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>14</sup>Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом (ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.64-10). – URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293807/4293807051.pdf> (дата обращения: 01.04.2022).

Результаты измерений и обработки почвенных и радиологических параметров территории  
[Table 1. Results of measurements and processing of soil and radiological parameters of the territory]

Показатель и его единица измерения / The indicator and its unit of measurement	Описательная статистика показателя / Descriptive statistics of the indicator				Критерий качества / Quality criteria		Заключение / Conclusion
	$x \pm m$	min	max	V, %	Норматив / Standard	Фон / Background	
pH <sub>KCl</sub>	5,6±0,1	4,9	6,7	7	–		Близкие к нейтральным
Гумус, %	3,1±0,2	1,7	4,6	31	–		Средняя обеспеченность
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	32,7±4,5	7,2	73,3	61	–		Очень высокая обеспеченность
K <sub>2</sub> O, мг/100 г	148,9±14,5	82,4	340,3	44	–		
Cd, мг/кг	0,33±0,03	0,21	0,80	37	1 (pH <sub>KCl</sub> <5,5) <sup>15</sup> 2 (pH <sub>KCl</sub> >5,5) <sup>16</sup>	0,12 [7]	Превышение фона в 2,75 раза
Pb, мг/кг	9,3±0,2	7,9	11,5	11	65 (pH <sub>KCl</sub> <5,5) <sup>16</sup> 130 (pH <sub>KCl</sub> >5,5) <sup>16</sup>	15 [7]	Норма
Cu, мг/кг	4,4±0,2	3,2	6,4	22	66 (pH <sub>KCl</sub> <5,5) <sup>16</sup> 132 (pH <sub>KCl</sub> >5,5) <sup>16</sup>	15 [7]	Норма
Нефтепродукты, мг/кг	22,1±11,4	0,0	222,3	230	–	40 [6]	Единичное превышение фона в 5 раз
A <sup>40</sup> K, Бк/кг	473±4	441	512	4	–	–	Нормируются по A <sub>эфф</sub>
A <sup>226</sup> Ra, Бк/кг	23,1±0,3	18,9	26,1	7	–	–	
A <sup>232</sup> Th, Бк/кг	26,8±0,4	24,0	30,4	7	–	–	
A <sub>эфф</sub> ЕРН, Бк/кг	98,4±1,0	90,0	103,8	4	370 <sup>16</sup>	–	Норма
P <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup>	0,53±0,04	0,29	1,01	36	37 <sup>17</sup>	–	Норма
МЭД, мкЗв/ч	0,074±0,002	0,06	0,09	10	0,30 [7]	0,05-0,25 [12]	Норма
ППР, мБк/(м <sup>2</sup> с)	31,4±2,0	27,6	37,0	13	80	–	Норма

Примечание.  $x \pm m$  – среднее арифметическое и ошибка среднего;  
min, max – минимальное и максимальное значения; V – коэффициент вариации.  
[Note.  $x \pm m$  – arithmetic mean and mean error;  
min, max – minimum and maximum values; V – coefficient of variation].

Загрязнение почвы техногенным <sup>137</sup>Cs соответствует уровням глобальных выпадений, значительно ниже установленного порога (37 кБк/м<sup>2</sup>), но обладает значительным размахом вариации (V=36%), достигая максимальных значений на современных пахотных угодьях, примыкающих к участку с юга (см. рис. 4).

Мощность дозы гамма-излучения также абсолютно однородная (V=10%), формируется в основном почвенными радионуклидами и косми-

<sup>15</sup>СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>16</sup>СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения: 01.04.2022).

<sup>17</sup>Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/901797511> (дата обращения: 01.04.2022).



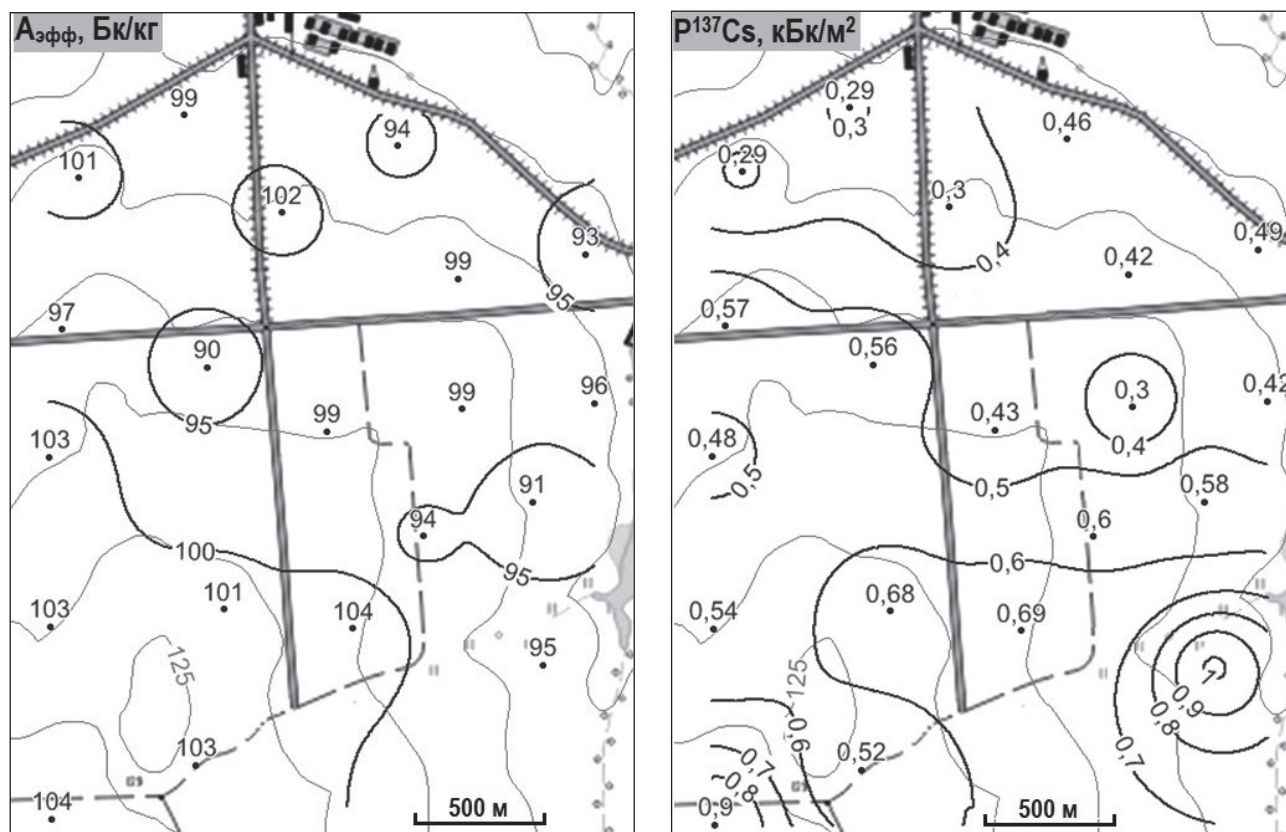


Рис. 4. Пространственное распределение в почве удельной эффективной активности естественных радионуклидов ( $A_{эфф}$ , Бк/кг) и плотности поверхностного загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  ( $P^{137}\text{Cs}$ , кБк/м<sup>2</sup>)  
 [Fig. 4. Spatial distribution of specific effective activity of natural radionuclides in soil ( $A_{эфф}$ , Bq/kg) and density of soil surface contamination  $^{137}\text{Cs}$  ( $P^{137}\text{Cs}$ , kBq/m<sup>2</sup>)]

ческим излучением и значительно ниже (не более 0,09 мкЗв/ч) допустимого уровня для жилого строительства (0,30 мкЗв/ч).

Содержание гумуса характеризуется средней обеспеченностью для данных почв, пространственное содержание достаточно однородное ( $V=31\%$ ), при этом минимальные значения (очень низкая обеспеченность) также отмечены на современных пахотных угодьях. По кислотности почвы характеризуются как близкие к нейтральным (см. рис. 5).

Агрохимические показатели свидетельствуют об интенсивном сельскохозяйственном прошлом территории: верхний (пахотный) горизонт характеризуется очень высокой обеспеченностью подвижными формами калия на всем участке (при этом значения меняются в 4 раза –  $V=44\%$ ), в среднем очень высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора, однако значения сильно (в 10 раз) варьируют ( $V=61\%$ ), а минимальные значения (средняя и повышенная обеспеченность) отмечены на современных пахотных угодьях, прилегающих к участку с юга (см. рис. 6).

Распределение свинца и меди однородное и не превышают фоновых значений [7], что соответ-

ствует также данным других исследователей для аналогичных почвенных условий [13].

Неоднозначная ситуация складывается с кадмием и нефтепродуктами (см. рис. 8). Значения кадмия варьируют в 4 раза и, с одной стороны, соответствуют санитарным ОДК<sup>16</sup> для кислых и близких к нейтральным и нейтральным суглинистым и глинистым почвам, но с другой стороны – во всех точках концентрации превышают в 2-7 раз фоновые концентрации для дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почв [7].

По содержанию нефтепродуктов преобладают участки с фоновым содержанием (не более 40 мг/кг почвы) [6]. Выявлены участки с концентрациями, соответствующими уровням загрязнения городских территорий [10]. В то же время максимальные концентрации не превышают уровня (1000,0 мг/кг), используемого в качестве допустимого при оценке загрязнения почв [6, 10].

С учетом критериев выделения геохимических аномалий статистически доказаны положительные аномалии (концентрации превышают критерий « $x+3s$ » [11, 14, 16] по кадмию на северо-западе участка, по нефтепродуктам – на вос-

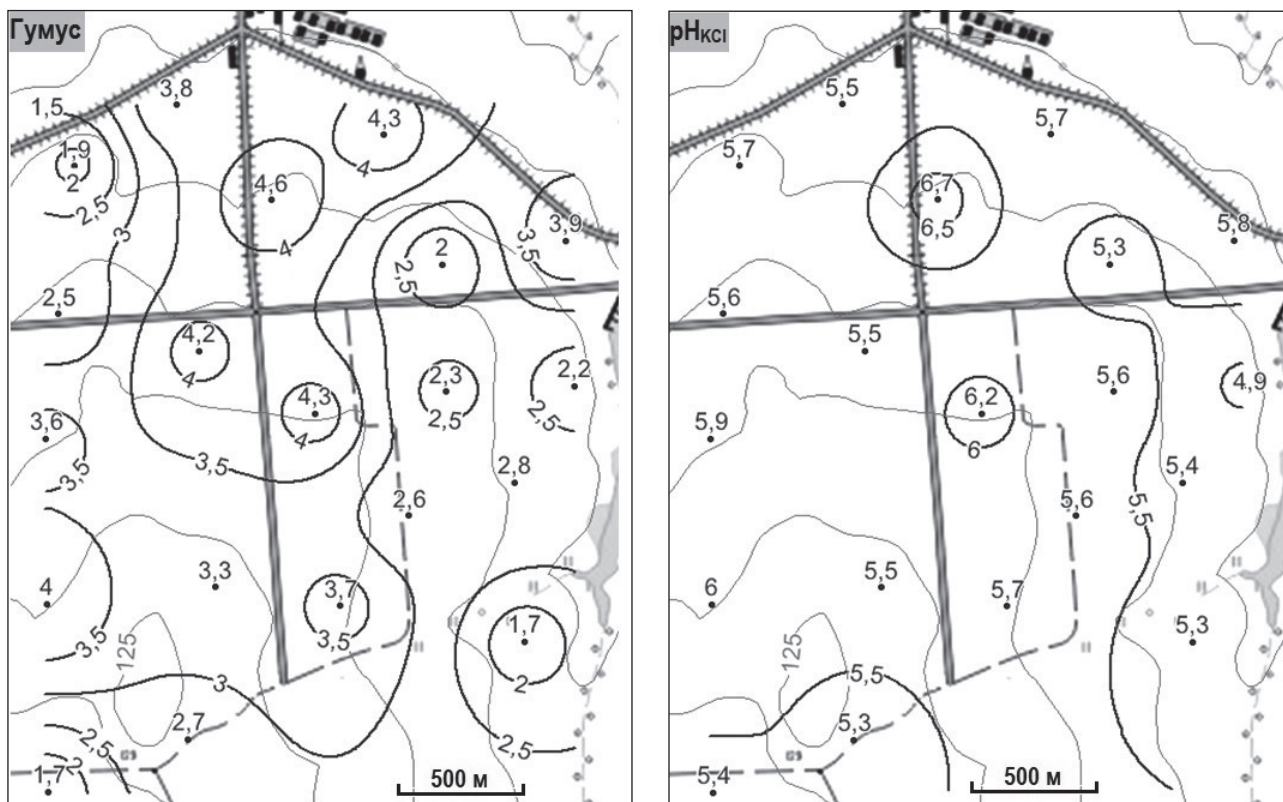


Рис. 5. Пространственное распределение содержания в пахотном горизонте гумуса (в %) и кислотности ( $pH_{KCl}$ )  
 [Fig. 5. Spatial distribution of humus content in plow horizon (in %) and acidity ( $pH_{KCl}$ )]

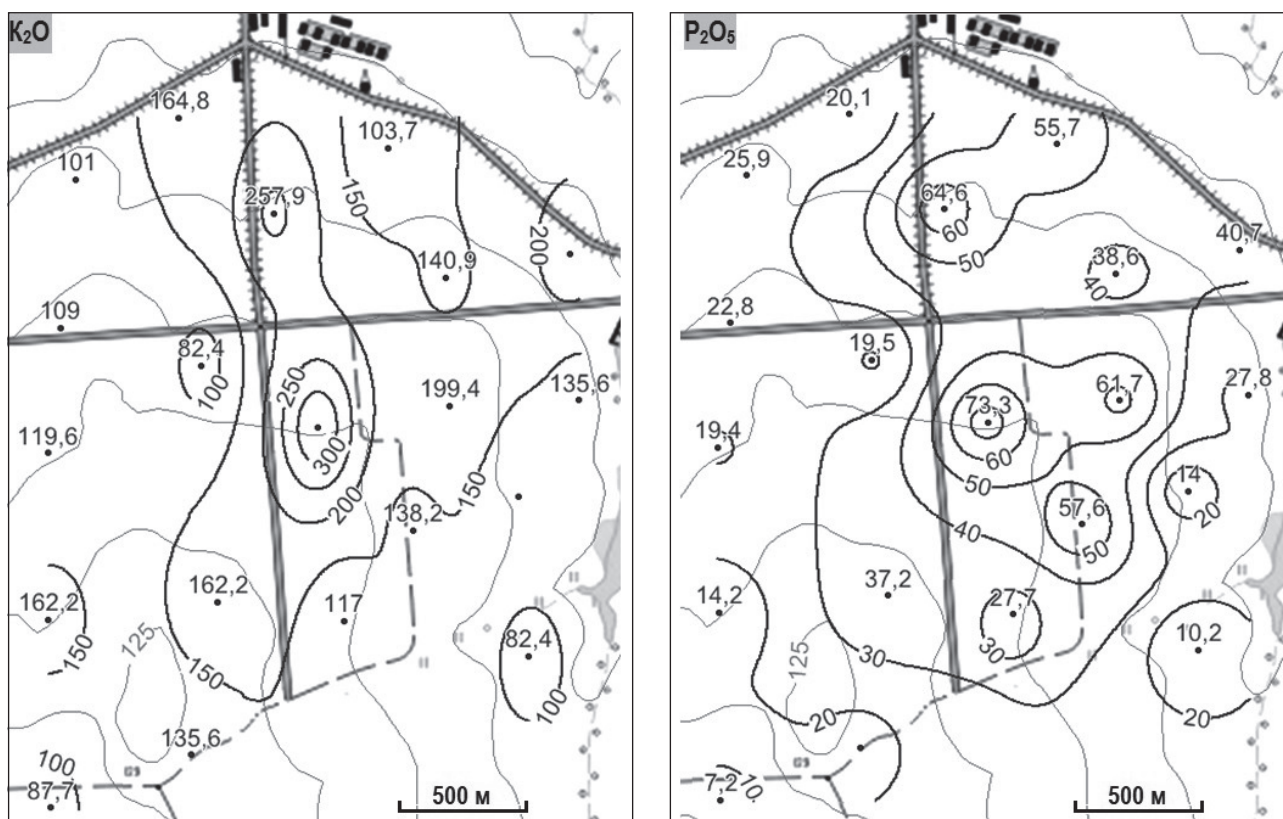


Рис. 6. Пространственное распределение содержания в пахотном горизонте подвижных форм калия ( $K_2O$ , мг/100 г почвы) и подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ , мг/100 г почвы)  
 [Fig. 6. Spatial distribution of the content of mobile forms of potassium in the plow horizon ( $K_2O$ , mg/100g of soil) and mobile forms of phosphorus ( $P_2O_5$ , mg/100g of soil)]

токе участка. При этом относительно фоновых концентраций можно говорить о значимом загрязнении почв кадмием в результате сельскохозяйственного использования территории в прошлом (применения минеральных удобрений) [17].

Пространственное представление результатов опробования с помощью ГИС позволяет зонировать территорию, уточнять границы однородных участков и аномалий. Статистическая обработка данных рекогносцировочных исследований позволяет определять необходимость проведения детальных изысканий (с учетом неперевышения допустимых значений санитарных и экологических нормативов состояния территории), необходимое количество точек опробования для обеспечения заданной точности исследований.

### ВЫВОДЫ

В рамках данной работы на основе ландшафтно-геохимического подхода выполнена рекогносцировочная оценка почвенно-экологических характеристик территории городского округа «Город Йошкар-Ола», отведенной под индивидуальное жилое строительство, и получены следующие основные результаты: 1) участок обладает однородным минералогическим составом почво-

образующих пород и однородным гамма-фоном; 2) загрязнение почвы техногенным цезием-137 обладает значительным размахом вариации; 3) в целом радиологические характеристики территории соответствуют санитарным нормам для жилого строительства; 4) агрохимические показатели свидетельствуют о сельскохозяйственном прошлом территории: верхний почвенный горизонт характеризуется очень высокой обеспеченностью подвижными формами калия и фосфора; средней обеспеченностью (для данного типа почв) гумусом; по кислотности почвы характеризуются как близкие к нейтральным; 5) неоднозначная ситуация складывается с кадмием и нефтепродуктами: значения сильно варьируют – статистически доказано наличие положительных аномалий относительно фоновых концентраций.

В целом статистическая обработка данных рекогносцировочных исследований почвенно-экологических параметров территории на основе ландшафтно-геохимического подхода позволяет определять необходимость проведения детальных изысканий и необходимое количество точек опробования для обеспечения заданной точности исследований.

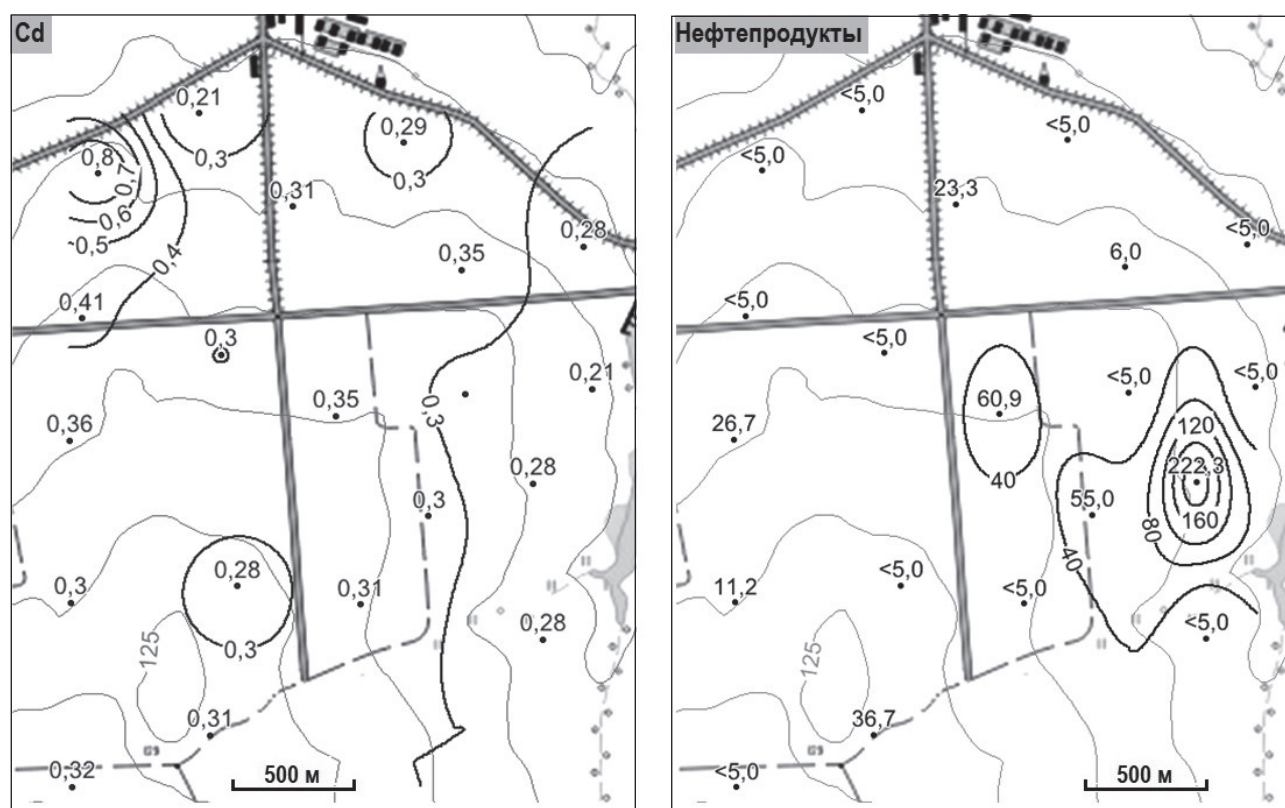


Рис. 7. Пространственное распределение содержания в пахотном горизонте концентрации кадмия (мг/кг) и нефтепродуктов (мг/кг)

[Fig. 7. Spatial distribution of the plow horizon cadmium concentration (mg/kg) and petroleum products (mg/kg)]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. *Химические элементы в геохимических системах. Кларк почв селитебных ландшафтов: монография*. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2013. 388 с.
  2. Васильева Д. П. *Ландшафтная география Марийской АССР*. Йошкар-Ола: Марийское книжное издательство, 1979. 136 с.
  3. *Геохимия окружающей среды* / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. Москва: Недра, 1990. 335 с.
  4. Гончаров Е. А., Пигалин Д. И., Шурков Н. Г. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова городских ландшафтов // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*, 2015, № 1 (25), с. 87-97.
  5. *Ежегодник «Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения»*. – URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
  6. Жарикова Е. А. Содержание нефтепродуктов в естественных и антропогенных почвах Приморского края // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2022, № 1, с. 83-92.
  7. *Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ* (СП 502.1325800.2021). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/608706538> (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
  8. *Инженерно-экологические изыскания для строительства* (СП 11-102-97). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001220> (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
  9. Леухин И. В., Язиков Е. Г., Гончаров Е. А. Специфика распределения неорганических поллютантов в почвенном и снежном покрове Йошкар-Олы // *Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы. Взгляд в будущее»*, 2020. с. 417-421.
  10. Митякова И. И., Иванова Р. Р., Терентьев Д. В. Оценка экологического состояния почв г. Йошкар-Олы // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*, 2020, № 1 (45), с. 75-89.
  11. Перельман А. И., Касимов Н. С. *Геохимия ландшафта*. Москва: Астрель, 2000, 1999. 768 с.
  12. Рихванов Л. П. *Общие и региональные проблемы радиоэкологии*. Томск: Изд-во ТПУ, 1997. 384 с.
  13. Стурман В. И., Логиновская А. Н. Фоновые концентрации контролируемых при инженерно-экологических изысканиях тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк, ртуть) в поверхностном слое почв Удмуртии // *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле*, 2020, т. 30, № 3, с. 285-294.
  14. Чертко Н. К., Карпиченко А. А. *Математические методы в географии: учебное пособие*. Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. 193 с.
  15. Bech J., Tume P., Roca N., Reverter F. Geochemical distribution of potentially harmful elements in periurban soils of a Mediterranean region: Manresa (Catalonia, Spain) // *Fresenius Environmental Bulletin*, 2015, vol. 24 (12A), pp. 4379-4389.
  16. Integrated approach to determine background concentrations of chemical elements in soils / Tepanosyan G. O., Belyaeva O. A., Saakyan L. V. et al. // *Geochemistry International*, 2017, vol. 55, no. 6, pp. 581-588.
  17. Khan A. B., Kathi S. Evaluation of heavy metal and total petroleum hydrocarbon contamination of roadside surface soil // *International journal of Environmental Science and Technology*, 2014, no. 11, pp. 2259-2270.
  18. Soil quality – A critical review / Bünemann E. K., Bongiorno G., Bai Z. et al. // *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, vol. 120, pp. 105-125.
- Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.
- Поступила в редакцию 05.11.2022  
Принята к публикации 04.09.2023

## On the Issue of Engineering and Environmental Surveys on the Territory of Individual Residential Development (the City of Yoshkar-Ola is an Example)

E.A. Goncharov✉, D.D. Golovkov, A.V. Lokalov

Volga State University of Technology, Russian Federation  
(3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000)

**Abstract.** The purpose is to optimize the content of engineering-environmental survey work on the sites of individual residential construction. The research has been carried out on the example of the site of urban district "City of Yoshkar-Ola".

**Materials and methods.** On the basis of the analysis of the normative-legal documentation the requirements for engineering-ecological surveys for residential construction objects in terms of the survey of soil and radiological conditions of the territory are considered. On the basis of literary and stock materials are given physical and geographical and socio-economic characteristics of the territory. On the basis of landscape-geochemical approach the areas of field sampling were determined. The research was carried out using the laboratory and methodological base of the accredited laboratory.

**Results and discussion.** Reconnaissance studies of soil-ecological characteristics of the territory of Yoshkar-Ola, allocated for individual residential construction, were carried out. The site has a homogeneous mineralogical composition. Radiological characteristics of the territory (content of natural and man-made radionuclides in the soil, radon release, gamma-radiation dose rate) meet the sanitary standards for residential construction. Agrochemical indicators (high supply of mobile forms of phosphorus and potassium) testify to the intensive agricultural past of the territory.

**Conclusions.** The presence of positive cadmium anomalies relative to background concentrations has been statistically proved, which may be associated with the application of mineral fertilizers. Geoinformation representation and statistical processing of the results of reconnaissance assessment of soil-ecological parameters of the territory on the basis of landscape-geochemical approach allows to optimize the detailed research, allocation of sampling sites and determine the number of samplings.

**Key words:** engineering and environmental surveys, radionuclides, heavy metals, soil pollution, nature management.

**For citation:** Goncharov E.A., Golovkov D.D., Lokalov A.V. On the Issue of Engineering and Environmental Surveys on the Territory of Individual Residential Development (the City of Yoshkar-Ola is an Example). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2023, no. 3, pp. 98-111. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/98-111>

### REFERENCES

1. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. *Khimicheskie elementy v geokhimicheskikh sistemakh. Klark pochv selitebnykh landshaftov: monografiya* [Chemical Elements in Geochemical Systems. Klarke of Soils in the Landscapes Intended for Building: monograph]. Rostov-on-Don: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2013. 388 p. (In Russ.)
2. Vasil'yeva D.P. *Landshaftnaya geografiya Mariyskoy ASSR* [Landscape Geography of the Mari ASSR]. Yoshkar-Ola: Mariyskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1979. 136 p. (In Russ.)
3. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Geochemistry of Environment.] / Yu.E. Saet, B.A. Revich, E.P. Yanin i dr. Moscow: Nedra, 1990. 335 p. (In Russ.)
4. Goncharov E.A., Pigalin D.I., Shurkov N.G. *Ekologo-geokhimicheskaya otsenka pochvennogo pokrova gorodskikh landshaftov* [Ecological and geochemical assessment of soil cover in the urban areas]. *Vestnik of Volga State University of Technology. Seriya: Forest. Ecology. Nature Management*, 2015, no. 1 (25), pp. 87-97. (In Russ.)
5. Yearbook "Contamination of soils of the Russian Federation with toxicants of industrial origin". URL:

© Goncharov E.A., Golovkov D.D., Lokalov A.V., 2023

✉ Evgeny A. Goncharov, e-mail: [GoncharovEA@volgatech.net](mailto:GoncharovEA@volgatech.net)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

<https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (accessed 01.04.2022). – Text: electronic. (In Russ.)

6. Zharikova E.A. Soderzhanie nefteproduktov v eststvennykh i antropogennykh pochvakh Primorskogo kraia [Petroleum Products Content in Natural and Anthropogenic Soils in the Primorsky Krai]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*, 2022, no. 1, pp. 83-92. (In Russ.)

7. Engineering environmental site investigations for construction. Code of practice. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001220> (accessed 01.04.2022). – Text: electronic. (In Russ.)

8. Engineering environmental survey for construction. General regulations for execution of work. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/608706538> (accessed 01.04.2022). – Text: electronic. (In Russ.)

9. Leuhin I.V., Yazikov E.G., Goncharov E.A. Spetsifika raspredeleniya neorganicheskikh pollyutantov v pochvennom i snezhnom pokrove Yoshkar-Oly [Specific distribution of inorganic pollutants in the soil and snow cover of Yoshkar-Ola]. *Sbornik trudov IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ekologicheskie problemy. Vzgl'yad v budushchee»*, 2020, pp. 417-421. (In Russ.)

10. Mitiakova I.I., Ivanova R.R., Terentev D.V. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya pochv g. Yoshkar-Oly [The Assessment of Yoshkar-Ola Soils' Ecological State]. *Vestnik of Volga State University of Technology. Seriya: Forest. Ecology. Nature Management*, 2020, no. 1 (45), pp. 75-89. (In Russ.)

11. Perelman A.I., Kasimov N.S. *Geokhimiya landshafta* [Geochemistry of Landscape]. Moscow: Astreya 2000, 1999. 768 p. (In Russ.)

12. Rikhvanov L.P. *Obshchie i regionalnye problemy radioekologii* [General and Regional Problems of Radioecology]. Tomsk: Izdatelstvo TPU, 1997. 384 p. (In Russ.)

13. Sturman V.I., Loginovskaya A.N. Fonovye kontsentratsii kontroliruemykh pri inzhenerno-ekologicheskikh izyskaniyakh tyazhelykh metallov (svinets, kadmiy, tsink, med', nikel', mysh'yak, rtut') v poverkhnostnom sloe pochv Udmurtii [Background concentrations of heavy metals controlled during engineering and environmental surveys (lead, cadmium, zinc, copper, nickel, arsenic, mercury) in the surface layer of Udmurtia soils]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya: Biologiya. Nauki o Zemle*, 2020, vol. 30, no. 3, pp. 285-294. (In Russ.)

14. Chertko N.K., Karpichenko A.A. *Matematicheskiye metody v geografii: uchebnoye posobiye* [Mathematical methods in geography: textbook]. Saratov: Ay Pi Ar Media, 2019. 193 p. (In Russ.)

15. Bech J., Tume P., Roca N., Reverter F. Geochemical distribution of potentially harmful elements in periurban soils of a Mediterranean region: Manresa (Catalonia, Spain). *Fresenius Environmental Bulletin*, 2015, vol. 24 (12A), pp. 4379-4389.

16. Integrated approach to determine background concentrations of chemical elements in soils / Tepanosyan G.O., Belyaeva O.A., Saakyan L.V. et al. *Geochemistry International*, 2017, vol. 55, no. 6, pp. 581-588.

17. Khan A.B., Kathi S. Evaluation of heavy metal and total petroleum hydrocarbon contamination of roadside surface soil. *International journal of Environmental Science and Technology*, 2014, no. 11, pp. 2259-2270.

18. Soil quality – A critical review. / Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z. et al. *Soil Biology and Biochemistry*, 2018, vol. 120, pp. 105-125.

**Conflict of interests:** The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 05.11.2022

Accepted: 04.09.2023

Гончаров Евгений Алексеевич

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой экологии, почвоведения и природопользования Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-5951-6069, e-mail: GoncharovEA@volgatech.net

Головков Даниил Дмитриевич

бакалавр экологии и природопользования Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-8761-1338, e-mail: danich2512@yandex.ru

Локалов Алексей Владимирович

бакалавр экологии и природопользования Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-3571-413X, e-mail: aleks.lokaloff@mail.ru

Evgeny A. Goncharov

Dr. Sci (Agricul), Associate Professor, Head of the Department of Ecology, Soil Science and Nature Management, Volga Region State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-5951-6069, e-mail: GoncharovEA@volgatech.net

Daniil D. Golovkov

Bachelor's degree in Ecology and Nature Management, Volga Region State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-8761-1338 e-mail: danich2512@yandex.ru

Aleksei V. Lokalov

Bachelor's degree in Ecology and Nature Management, Volga Region State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-3571-413X, e-mail: aleks.lokaloff@mail.ru