

УДК 556.535.8

НАКОПЛЕННЫЙ ВРЕД ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ БУРНАКОВСКОЙ НИЗИНЫ НИЖНЕГО НОВГОРОДА КАК ИСТОЧНИК ДОЛГОВРЕМЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ ВОЛГИ

© 2020 г. В. А. Обязов^а, *, И. И. Подлипский^б, А. Ю. Виноградов^б, А. В. Кучмин^с

^аИнститут водных проблем РАН, Москва, 119333 Россия

^бООО НПО “Гидротехпроект”, Валдай, 175400 Россия

^сООО “Инженерное дело”, Выборг, 188800 Россия

*e-mail: obviaf@mail.ru

Поступила в редакцию 16.01.2020 г.

После доработки 25.03.2020 г.

Принята к публикации 31.03.2020 г.

Представлены результаты исследования степени загрязнения почв, грунтов, подземных вод, вод и донных отложений водных объектов Бурнаковской низины г. Нижнего Новгорода как факторов, определяющих качество вод р. Волги. На основе полученных данных выявлено наличие на территории исследования полиэлементного загрязнения всех компонентов окружающей среды в разной степени интенсивности, обусловленного преимущественно прошлой экономической деятельностью (накопленным вредом окружающей среде). Современная деятельность, в первую очередь складирование снега, убираемого с улиц города, также вносит существенный вклад в загрязнение территории. Загрязняющие вещества, находящиеся на исследуемой территории, посредством грунтовых и поверхностных вод поступают в р. Волгу. Сделан вывод о необходимости организации и проведения работ по санации территории Бурнаковской низины с целью прекращения и предотвращения загрязнения р. Волги.

Ключевые слова: Волга, Бурнаковская низина, нефтепродукты, бенз(а)пирен, тяжелые металлы.

DOI: 10.31857/S0321059620050144

Один из источников диффузного загрязнения р. Волги — территория в г. Нижнем Новгороде, традиционно называемая Бурнаковской низиной, в пределах которой по береговой линии в течение многих лет нефтепродукты поступают в реку, особенно в весенний период. Более 100 лет — с 1880-х до 1980-х гг. — на этой территории хранились, перерабатывались и транспортировались нефтепродукты (бензин, дизельное топливо, мазут, керосин, технические масла). При этом утечки нефтепродуктов, организованный слив их отходов в водоемы и искусственно созданные выемки в грунте, продолжающийся нелегально до настоящего времени, а также нефтевание водоемов с целью борьбы с личинками комара привели к существенному загрязнению грунтов, подземных и поверхностных вод, донных отложений. Поскольку отмеченное загрязнение произошло в результате прошлой экономической деятельности, имеются все основания квалифицировать его как накопленный вред окружающей среде.

Бурнаковская низина находится на правобережной пойме р. Волги. На ее поверхности расположены многочисленные озера и торфяные болота,

чередующиеся с песчаными гривами. Аллювиальные отложения мощностью 20–25 м подстилаются коренными верхнепермскими глинами. Грунтовые воды залегают на глубине от поверхности от 1.0 до 8.0 м. Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузка подземных вод происходит на С, СВ в основную дренаж — р. Волгу. Водоемы Бурнаковской низины имеют как естественное, так и искусственное происхождение, большинство из них соединено между собой (временно или постоянно) и имеют общий сток в р. Волгу посредством канавы. Кроме того, по низине проходит сбросной канал Сормовской ТЭЦ, вода из которого также поступает в Волгу.

К основным источникам загрязнения исследуемой территории в разное время относились Сормовская нефтебаза, завод “Нефтегаз”, нефтемаслозавод “Варя”, Горьковский нефтемаслозавод имени 26 Бакинских комиссаров, Машиностроительный завод и др. (рис. 1).

Цель настоящего исследования — оценка степени загрязнения почв, грунтов, подземных вод, вод и донных отложений водных объектов Бурна-



Рис. 1. Основные источники загрязнения Бурнаковской низины.

ковкой низины как факторов, определяющих качество вод р. Волги.

Отбор проб и их анализ проводился в соответствии с нормативной документацией [5–8] и рекомендациями [2–4, 10]. Аналитические исследования выполнены в лаборатории, имеющей аттестат аккредитации на право проведения данных видов работ. Статистическая обработка данных и их интерпретация проводились согласно общепринятым методикам [12, 13, 17, 20] с помощью пакета Statistica 10.0. Для визуализации пространственного распределения данных использовался программный продукт QGIS.

ОБЗОР РАНЕЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Необходимость оценки состояния Бурнаковской низины возникала неоднократно в связи с появлением на акватории Волги нефтяных пятен. Наиболее активные исследования начались в конце 1980-х гг.

Поскольку поступление нефтепродуктов в реку отмечалось по линии берега преимущественно в районе причала Сормовской нефтебазы, на территории этого предприятия и прилегающих участках в 1989 г. были проведены работы Горь-

ковской комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической партией по определению степени загрязнения нефтепродуктами грунтов и подземных вод. В результате выполненной работы выявлено, что повышенное содержание нефтепродуктов в воде и грунтах наблюдалось во всех скважинах и по всей мощности отложений. Максимальные их концентрации зафиксированы в скважине в 40 м от резервуаров выше по потоку грунтовых вод, в то время как грунты и подземные воды на территории нефтебазы были загрязнены в меньшей степени. Из этого был сделан вывод, что Сормовская нефтебаза не единственный источник загрязнений Бурнаковской низины и р. Волги. На основе дополнительных работ, проведенных в том же году, к числу основных загрязнителей грунтов и подземных вод отнесены также Горьковский нефтемаслозавод имени 26 Бакинских комиссаров, Машиностроительный завод, Сормовская ТЭЦ, озера с высоким содержанием мазута в донных отложениях, расположенные южнее нефтебазы.

В 1996 г. ООО «АСТКОМ» выполнило в районе Сормовской нефтебазы инженерно-гидрогеологические и экологические изыскания, задача которых – определение возможных активных способов защиты р. Волги от загрязнения жидкими нефтепродуктами, поступающими в реку с подземными водами. Изысканиями установлено, что толща грунтов и водоносные горизонты подвержены интенсивному загрязнению нефтепродуктами как в пределах территории Сормовской нефтебазы, так и со стороны расположенных выше по потоку нефтеперерабатывающих предприятий и организаций, имеющих склады нефтепродуктов, заправочных станций и т.д. В пределах области разгрузки водоносного горизонта наблюдалось скопление жидких нефтепродуктов на поверхности водоносного горизонта мощностью от пленки до 0.4 м.

Исследования 2000 г., проведенные ЗАО «Т-ПАРК», подтвердили сильную загрязненность грунтовых вод на территории бывшей Сормовской нефтебазы. В отдельных скважинах на поверхности их верхнего горизонта отмечено скопление нефтепродуктов мощностью до 0.02 м. Второй горизонт загрязнен еще сильнее: в скважинах наблюдался слой нефтепродуктов 0.40–0.45 м.

В 2008 г. Центром гигиены и эпидемиологии в Нижегородской области в рамках санитарно-гигиенического мониторинга были отобраны и проанализированы на содержание нефтепродуктов десять проб почвы в поверхностном слое в районе резервуаров и вдоль берега на территории бывшей Сормовской нефтебазы. Во всех пробах содержание нефтепродуктов превышало фоно-

вые концентрации, а в двух из них составило >20000 мг/кг.

В 2013 г. Департаментом Росприроднадзора по Приволжскому ФО была проведена инвентаризация объектов накопленного экологического ущерба территории “Бурнаковская низина”. Исследования качества почв, поверхностных вод и донных отложений выполнялись по разреженной и нерегулярной сети на территории всей Бурнаковской низины.

Содержание нефтепродуктов в поверхностном слое грунта в отдельных точках превышало 10000 мг/кг, а в одной точке в районе сбросного канала составило 47491 мг/кг. Выявлено загрязнение грунтов также тяжелыми металлами. Во многих пробах отмечены превышающие ПДК концентрации Zn, Cu, Ni, в некоторых пробах – Pb, Cd. Поверхностные и грунтовые воды загрязнены нефтепродуктами в концентрациях, превышающих ПДК для питьевых вод до десятикратной величины.

В период с мая по июнь 2014 г. ООО “ИКЦ “Промтехбезопасность” были проведены эколого-гидрогеологические исследования на территории, прилегающей к сбросному каналу Сормовской ТЭЦ, включающие проходку скважин с максимальной глубиной 25 м и отбор проб грунта, подземных и поверхностных вод. Результаты исследований показали, что в 10 из 20 скважин содержание нефтепродуктов в грунте превысило 1000 мг/кг при максимальной величине 55488 мг/кг. Еще в трех скважинах их концентрации составили от 500 до 1000 мг/кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полевые работы в 2019 г. выполнялись в два этапа – в апреле и июле, проводилась литогеохимическая поверхностная съемка (масштаб 1 : 40000 на первом этапе и 1 : 20000 на втором этапе), заложение мониторинговых скважин и отбор проб грунтовых вод, поверхностных вод из водоемов и водотоков территории исследования. Кроме того, на первом этапе в программу работ входило геоботаническое и ландшафтное картирование территории, первичные почвенные исследования, а на втором – бурение скважин до глубины водоупорного горизонта (20–24 м) с послойным отбором проб грунта и донных отложений.

Отобранные пробы почв и донных отложений исследовались на содержание тяжелых металлов (Zn, Cu, Pb, Cd, Hg, Mn, Ni), металлоидов (As) и органических поллютантов (нефтепродукты и бенз(а)пирен). Во всех пробах грунтовых и поверхностных вод определялось содержание нефтепродуктов, в отдельных пробах – содержание бенз(а)пирена, а также рН, ХПК и БПК₅.

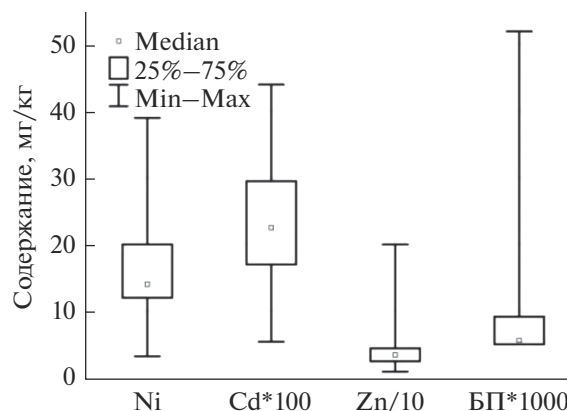


Рис. 2. Диаграмма размаха содержания в почвах тяжелых металлов и бенз(а)пирена (БП).

Оценка качества почво-грунтов проводилась преимущественно по данным 52 проб, отобранных на глубине до 0.2 м. Исключение составили Mn и Ni, содержание которых определялось в 27 и 25 пробах соответственно. Превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) [11] тяжелых металлов отмечено в семи пробах по Zn и в двух пробах по Cd, а также в десяти пробах из 25 по Ni. Концентрации Cu, Pb, Hg, Mn, As ни в одной из проб не превысили ПДК или ОДК [11, 15]. В пяти пробах отмечено превышение ПДК по бенз(а)пирену.

Анализ распределения тяжелых металлов, содержание которых превышает ОДК, с помощью диаграммы (рис. 2) показал следующее. Небольшой фактический размер “ящика” (50% объема выборки) и относительно длинные “усы” (максимальное значение) в распределении Zn позволяют говорить о наличии постоянного притока поллютанта в систему или о его консервации на геохимическом барьере (например, на физико-химическом барьере, связанном с биогенными грунтами). Распределение Cd и в несколько меньшей степени Ni близко к нормальному, что является свидетельством того факта, что нет притока (в том числе и техногенного) этих элементов в пределах территории обследования [1, 9, 16].

Наибольшее содержание Zn, составившее 200 мг/кг, отмечено в пробе, отобранной на территории бывшего завода “Нефтегаз”. Несколько меньшая его величина (120 мг/кг) зарегистрирована на южном побережье оз. Сложного. Обе точки находятся в южной части Бурнаковской низины. В этих же точках, а также на левом берегу сбросного канала выявлено наиболее высокое содержание Ni, составившее 35–39 мг/кг. Cd в почвах пространственно распределен более равномерно.

Содержание бенз(а)пирена в почвах имеет крайне асимметричное распределение. В ~30%

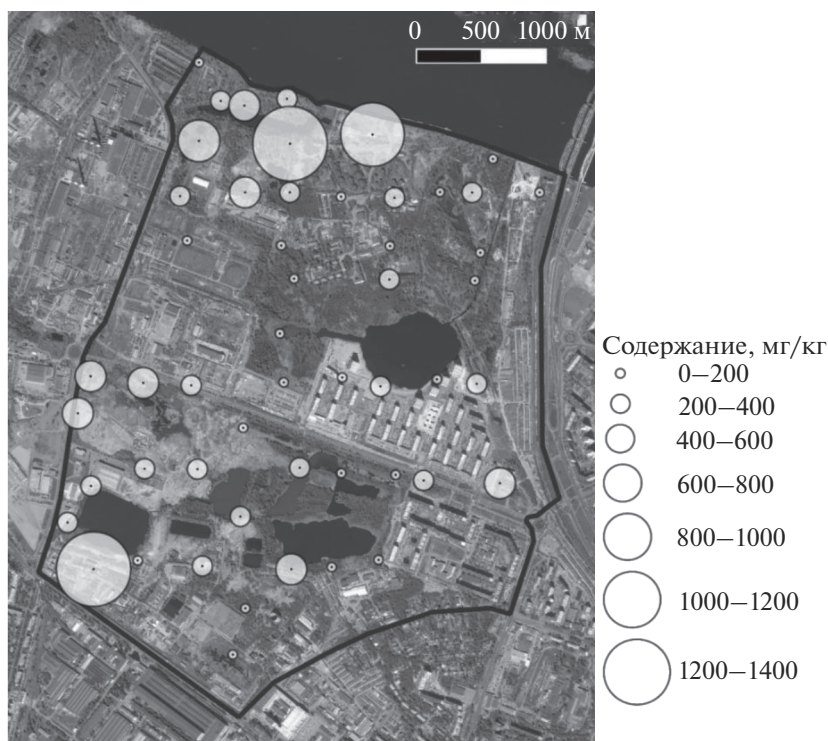


Рис. 3. Пространственное распределение содержания нефтепродуктов в почве.

проб его концентрация составила величину менее предела обнаружения. В то же время вид диаграммы размаха содержания этого поллютанта дает основание предполагать, что его поступление продолжается и в настоящее время (рис. 2).

Почвы и поверхностный слой грунта Бурнаковской низины загрязнены нефтепродуктами преимущественно в районе бывшей Сормовской нефтебазы и в зоне, прилегающей к сбросному каналу Сормовской ТЭЦ, а также на территории

бывшего завода “Нефтегаз” (рис. 3). Концентрация нефтепродуктов в этих местах достигает 1200–1300 мг/кг. Число участков с их содержанием ниже фоновых значений (для г. Нижнего Новгорода – 67.0 мг/кг, по данным Верхне-Волжского УГМС в 2014 г.) – всего 13 из 52 обследованных. В 56% проб фоновая величина превышена в ≥ 3 раз.

Содержание нефтепродуктов в почвах имеет асимметричное распределение (рис. 4), дающее основание предполагать, что источники загрязнения – не только объекты накопленного вреда, но и современная хозяйственная деятельность в пределах Бурнаковской низины.

Анализ распределения нефтепродуктов на разных глубинах показал еще большую величину загрязнения грунтов на территории бывшей Сормовской нефтебазы. Их содержание на глубине до 14 м достигает концентраций >2000 мг/кг (рис. 5). Максимальная концентрация нефтепродуктов в грунте – 3300 мг/кг – зафиксирована на глубине 2–4 м. Наряду с этим в четырех из семи пробуренных скважин, три из которых были заложены за пределами нефтебазы и одна – на ее южной границе, содержание нефтепродуктов не превысило 400 мг/кг.

Высокие содержания нефтепродуктов, зафиксированные в значительной по мощности толще грунтов, обусловлены в первую очередь их поступлением из источников, существовавших в прошедшие десятилетия. Поступление этих пол-

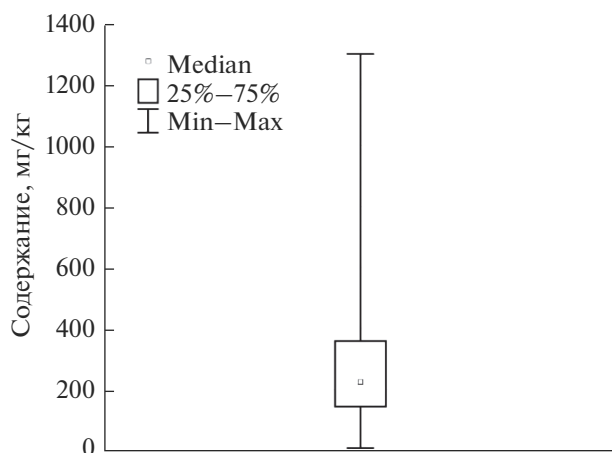


Рис. 4. Диаграмма размаха содержания нефтепродуктов в почве.

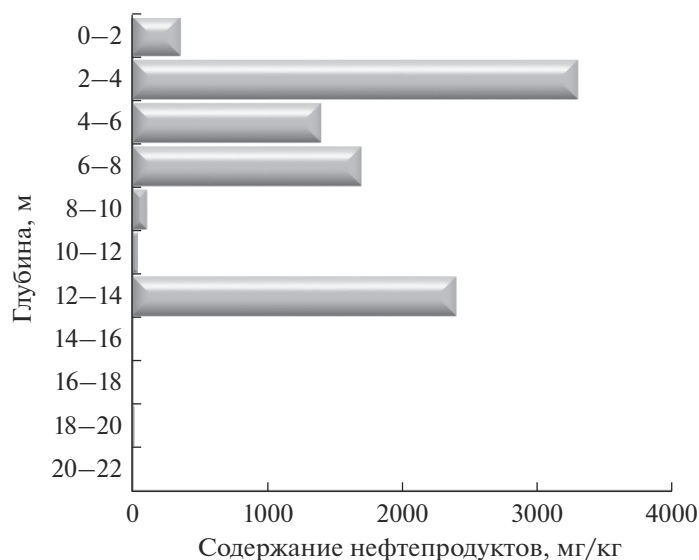


Рис. 5. Распределение содержания нефтепродуктов в грунте по глубине.

лютантов из современных источников обуславливает загрязнение верхних слоев грунта и почв.

Таким образом, следует констатировать, что почвы и грунты на значительную глубину загрязнены нефтепродуктами в большей степени в северной части Бурнаковской низины, непосредственно прилегающей к урезу воды р. Волги, что связано с наличием как современных источников загрязнения, так и существовавших здесь ранее.

Высокую степень загрязнения нефтепродуктами имеют грунтовые воды. В подавляющем большинстве отобранных проб их содержание превысило ПДК для питьевых вод [14]. Асимметричность распределения их данных выражено еще в большей степени, чем данных содержания нефтепродуктов в почвах. Наиболее загрязненные воды приурочены к территории бывшей нефтебазы и к зоне, прилегающей к сбросному каналу Сормовской ТЭЦ (рис. 6). Поскольку на этих участках выявлена высокая степень загрязнения нефтепродуктами почв и грунтов на достаточно большую глубину, есть основание полагать, что именно загрязненные почво-грунты — один из главных источников поступления нефтепродуктов в грунтовые воды. Этим объясняется появление нефтяных пятен на поверхности воды р. Волги в весенний период, когда уровень грунтовых вод повышается и происходит вымывание нефтепродуктов из грунта.

Загрязнение поверхностных вод имеет более пестрый характер (рис. 7). В большей степени загрязнены нефтепродуктами воды шламонакопителя бывшего завода “Нефтегаз” и водоемы, образовавшиеся от таяния складированного снега, убираемого с городских улиц Нижнего Новгорода. Содержание нефтепродуктов в шламонакопи-

теле превышает ПДК для питьевых вод [14] в 11 раз, а в талых водах — более чем в 9 раз. Кроме того, превышения ПДК нефтепродуктов зафиксированы в водах сбросного канала и в прилегающих к нему малых водоемах, а также в двух водоемах, расположенных на ЮВ и СЗ территории исследования. По результатам анализа полученных данных можно сделать вывод о высокой степени загрязнения нефтепродуктами большинства водных объектов Бурнаковской низины в результате прошлой экономической деятельности. Территория складирования снега — самый мощный современный источник нефтепродуктов в поверхностных водах.

При этом воды р. Волги имеют фоновое содержание нефтепродуктов в 3 раза меньше, чем ПДК для вод питьевого назначения [14]. В апреле 2019 г. на участке реки по течению ниже Бурнаковской низины их концентрация была близка к ПДК. Нередко в весенний период на поверхности воды фиксируется нефтяная пленка. В июле 2019 г. в период проведения исследований на участке реки ниже по течению содержание нефтепродуктов соответствовало фоновым значениям.

Кроме того, в поверхностных водах Бурнаковской низины значения ХПК и БПК₅, превышающие ПДК в 10–50 раз и более, свидетельствуют о постоянном притоке в систему органических веществ разной природы. Большие величины ХПК, вероятнее всего — еще один параметр, регистрирующий высокое содержание нефтяных органических веществ, а БПК₅ — часто причина загрязнения воды хозяйственно-бытовыми стоками и ливневыми (талыми) водами. Вместе с тем следует отметить, что воды р. Волги также имеют повышенное содержание органических веществ (ХПК

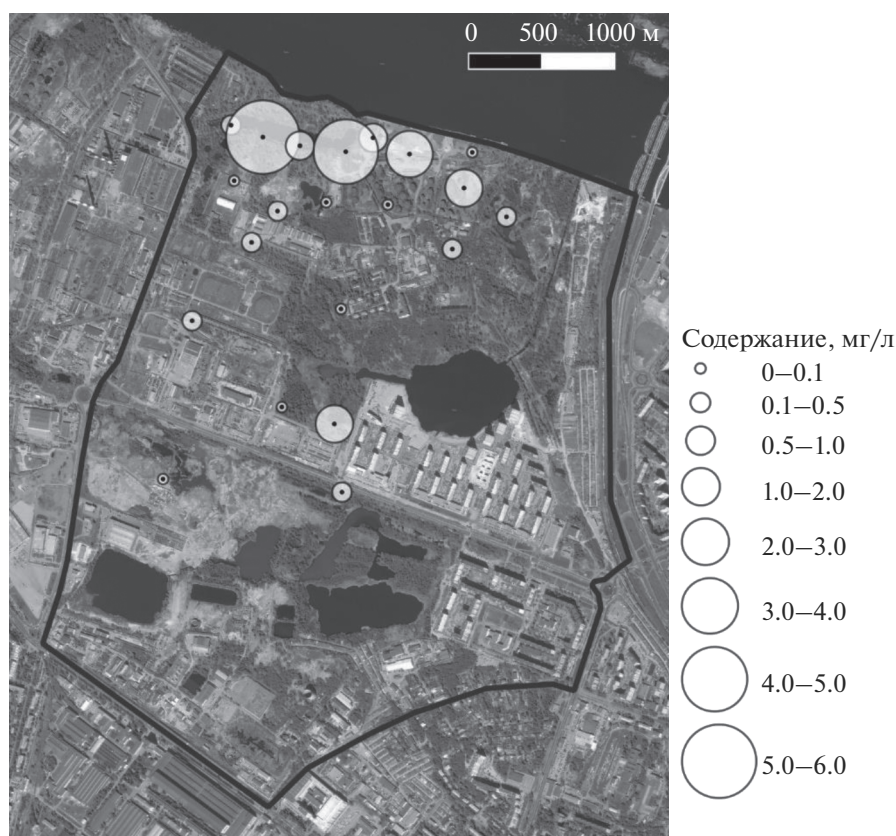


Рис. 6. Пространственное распределение содержания нефтепродуктов в грунтовых водах.

превышен в 3–6 раза, БПК₅ – в 0.5–2 раза), что позволяет сделать заключение о естественно повышенном содержании в природных водах Нижегородской области органических веществ, вероятнее всего – гуминовой природы.

Характерная особенность распределения нефтепродуктов в донных отложениях – чрезвычайно высокие их концентрации в водных объектах в южной части Бурнаковской низины (рис. 8), в девяти пробах из десяти они превысили 20000 мг/кг. Это преимущественно искусственные водоемы (шламохранилища) и гидравлически связанные с ними пойменные озера. Такая высокая степень их загрязнения обусловлена тем, что в эти водоемы в середине XX в. сливались отходы нефтеперерабатывающей промышленности. В то же время донные отложения р. Волги можно отнести к относительно чистым, содержание нефтепродуктов в них ≤ 20 мг/кг. Указанные результаты не противоречат данным аналогичных исследований [18, 19].

Почти во всех пробах донных отложений, в которых зафиксированы чрезвычайно высокие концентрации нефтепродуктов, отмечено превышение ПДК по содержанию бенз(а)пирена [15] и ОДК по содержанию Cd, Zn, а также в некоторых точках – Cu.

Таким образом, на основе полученных результатов и данных предшествующих работ можно сделать вывод о наличии на территории исследования полиэлементного загрязнения всех компонентов окружающей среды разной степени интенсивности. Отсутствие четкой специализации позволяет сделать вывод о наличии на территории нескольких мощных источников, привносящих разные по составу и интенсивности загрязнения. Фиксируемое поступление нефтепродуктов в р. Волгу происходит преимущественно за счет вымывания их из грунта, загрязнявшегося на протяжении нескольких десятилетий ныне не действующими предприятиями по переработке, транспортировке и хранению нефтепродуктов. Современная деятельность в Бурнаковской низине, включая, в первую очередь, складирование снега, убираемого с улиц города, также вносит существенный вклад в загрязнение природной среды территории и, соответственно, р. Волги. Кроме того, нефтепродукты, захороненные в чрезвычайно больших концентрациях в донных отложениях водных объектов, в случае преднамеренного или непреднамеренного вмешательства, обуславливающего их переход в поверхностные воды, поступят в Волгу. С целью прекращения и предотвращения поступления в воды р. Волги

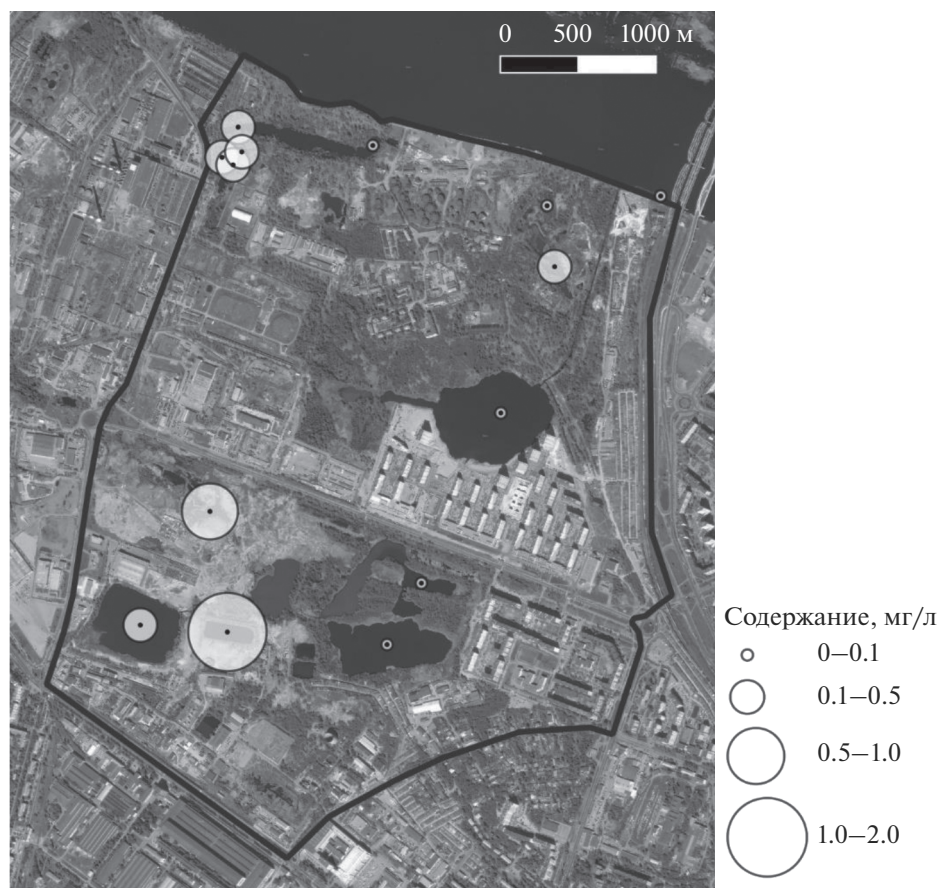


Рис. 7. Пространственное распределение содержания нефтепродуктов в поверхностных водах.

поллютантов, среди которых присутствуют не только нефтяные вещества, но и комплекс тяжелых металлов и металлоидов, необходимо провести санацию территории Бурнаковской низины.

ВЫВОДЫ

Почвы Бурнаковской низины загрязнены преимущественно нефтепродуктами с содержанием до 1200–1300 мг/кг, бенз(а)пиреном с превышением ПДК на отдельных участках в 1.5–2.5 раза, тяжелыми металлами (Zn, Cd, Ni). Содержание нефтепродуктов на территории бывшей Сормовской нефтебазы на глубине до 14 м достигает 2000 мг/кг и более.

В большинстве отобранных проб грунтовых вод концентрация нефтепродуктов превысила ПДК для питьевых вод. Наиболее загрязненные воды приурочены к территории бывшей нефтебазы и к зоне, прилегающей к сбросному каналу Сормовской ТЭЦ.

Высокую степень загрязнения нефтепродуктами имеет большинство водных объектов территории исследования. Их содержание в водоемах, образовавшихся от таяния складированного сне-

га, убираемого с городских улиц Нижнего Новгорода, превышает ПДК в >9 раз. Воды р. Волги выше по течению от Бурнаковской низины имеют содержание нефтепродуктов в 3 раза меньше, чем воды питьевого назначения. В весенний период ниже по течению их концентрация возрастает до величин, близких к ПДК. Нередко на поверхности воды фиксируется нефтяная пленка. В летний период на участке реки ниже по течению содержание нефтепродуктов соответствовало фоновым значениям.

В донных отложениях водных объектов южной части Бурнаковской низины выявлены чрезвычайно высокие концентрации нефтепродуктов (>20000 мг/кг). В то же время донные отложения р. Волги можно отнести к относительно чистым, содержание нефтепродуктов в них ≤20 мг/кг.

Выявленные повышенные содержания поллютантов в природных средах Бурнаковской низины обусловлены преимущественно прошлой экономической деятельностью (накопленным вредом окружающей среде). Современная деятельность, в первую очередь складирование снега, убираемого с улиц города, также вносит существенный вклад в загрязнение территории. Загрязняю-



Рис. 8. Пространственное распределение содержания нефтепродуктов в донных отложениях.

щие вещества, находящиеся на исследуемой территории, посредством грунтовых и поверхностных вод поступают в р. Волгу. С целью предотвращения ее загрязнения необходимо организовать и провести работы по санации территории Бурнаковской низины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битюкова В.Р., Касимов Н.С., Власов Д.В. Экологический портрет российских городов // Экология и пром-сть России. 2011. № 4. С. 6–18.
2. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. М.: Почв. ин-т, 2008. 84 с.
3. Ворошилов В.Г. Математическое моделирование в геологии. Уч. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2001. 124 с.
4. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. М.: Изд-во Московского ун-та, 1997. 102 с.
5. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность (Изм. № 1). М.: Изд-во стандартов, 2002. 7 с.
6. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2013. 36 с.
7. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
8. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, 2018. 12 с.
9. Касимов Н.С., Власов Д.В. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах Российских городов (по данным ежегодных докладов Росгидромета) // Вестн. Московского ун-та. Сер. 5, География. 2018. № 3. С. 14–22.
10. Кнатько М.В., Жабриков С.Ю., Подлипский И.И. Утилизации отходов топливно-энергетического комплекса // Экология и пром-сть России. 2015. Т. 19. № 4. С. 2–5.
11. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: ФГЦиЭ Роспотребнадзора, 2009. 10 с.
12. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая шк., 1989. 528 с.
13. Подлипский И.И. Эколого-геологическая оценка парагенетических геохимических ассоциаций

- функциональных зон Санкт-Петербурга // Инженер. изыскания. 2013. № 12. С. 46–52.
14. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 26.09.2001 № 24 “О введении в действие Санитарных правил”. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. М.: Юридич. лит., 2001. № 48. С. 3–54.
 15. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: ФГЦиЭ Роспотребнадзора, 2006. 15 с.
 16. *Сидоренко М.В., Юнина В.П.* Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и снегового покрова водоохраных зон озер и малых рек Нижнего Новгорода // Вестн. Нижегородского ун-та. 2010. № 5(1). С. 110–114.
 17. *Соловов А.П.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1985. 294 с.
 18. *Янин Е.П.* Техногенные речные илы в зоне влияния промышленного города (формирование, состав, геохимические особенности). М.: ИМГРЭ, 2002. 100 с.
 19. *Янин Е.П.* Тяжелые металлы в малой реке в зоне влияния промышленного города. М.: ИМГРЭ, 2003. 89 с.
 20. *Dubrova S.V., Podlipskiy I.I., Kurilenko V.V., Siabato W.* Functional city zoning. Environmental assessment of eco-geological substance migration flows // Environ. Pollution. 2015. V. 197. P. 165–172.