

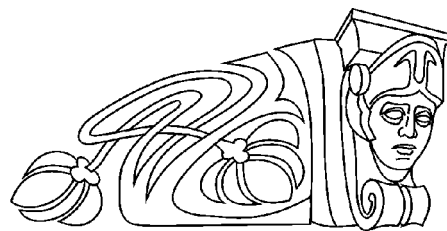


Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 31–38
Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 31–38
<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-31-38>

Научная статья
УДК 627.157:549.08(470.44-25)

Минеральный состав и содержание загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска



А. С. Шешнёв¹✉, Д. С. Маджид¹, М. В. Решетников²

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского, Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83

²Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИНефть» в г. Тюмени, Россия, 628481, г. Тюмень, ул. Центральная, д. 19/18

Шешнёв Александр Сергеевич¹, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоэкологии, доцент, sheshnev@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>

Маджид Длер Салам¹, инженер, dilersalam1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>

Решетников Михаил Владимирович², кандидат географических наук, начальник Управления комплексных исследований, rmv85@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-829-029X>

Аннотация. Исследованы донные наносы водотоков на территории города Вольска (Саратовская область). Повсеместно наиболее распространенным породообразующим минералом является кварц. С уменьшением доли кварца возрастает содержание кальцита. Эколого-геохимическое состояние наносов весной по сравнению с летом ухудшается в связи с поступлением поллютантов с городского водосбора со снеготальными водами. Донные наносы с высоким содержанием загрязняющих веществ следует рассматривать в качестве объекта накопленного вреда окружающей среде. Требуется рекультивация русел водотоков на всем их протяжении с целью создания комфортной городской среды и уменьшения негативного воздействия на Волгоградское водохранилище.

Ключевые слова: минеральный состав, донные наносы, городской водоток, урбанизированные территории, город Вольск

Благодарности. Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (проект МК-33.2020.5).

Для цитирования: Шешнёв А. С., Маджид Д. С., Решетников М. В. Минеральный состав и содержание загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 1. С. 31–38. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-31-38>

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

Mineral composition and pollutant content in the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk

A. S. Sheshnev¹✉, D. S. Majeed¹, M. V. Reshetnikov²

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., Saratov 410012, Russia

²Branch of LLC "LUKOIL-Engineering" "KogalymNIPIneft" in Tyumen, 19/18 Tsentral'naya St., Tyumen 628481, Russia

Aleksandr S. Sheshnev¹, sheshnev@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>

Dler S. Majeed¹, dilersalam1989@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5323-1222>

Mikhail V. Reshetnikov², rmv85@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>

Abstract. The article deals with the studies of the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk (Saratov region). The research shows that quartz to be the most widespread rock-forming mineral. As the proportion of quartz decreases, the calcite content increases. Ecological-geochemical state of the bed load in spring worsens as compared to summer due to the arrival of pollutants with melting snow from the urban watershed. The bed load with a high content of pollutants should be considered as an object of accumulated environmental damage. It can be concluded that recultivation of the streamways along the whole length is required in order to create a comfortable urban environment and reduce the negative impact on the Volgograd reservoir.

Keywords: mineral composition, bed load, urban watercourse, urbanized areas, city Volsk

Acknowledgments. This work is supported by the grant from the President of the Russian Federation (project MK-33.2020.5).



For citation: Sheshnev A. S., Majeed D. S., Reshetnikov M. V. Mineral composition and pollutant content in the bed load of watercourses on the territory of the city of Volsk. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2022, vol. 22, iss. 1, pp. 31–38 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-1-31-38>

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC0-BY 4.0)

Введение

Водотоки на территории города Вольска испытывают в течение многих десятилетий сильное техногенное воздействие. До последнего времени в городе отсутствовали очистные канализационные сооружения, и два городских водотока фактически функционировали в режиме коллекторов бытовых канализационных стоков. Несмотря на введение в строй в 2019 г. первой очереди очистных сооружений, на конец 2021 г. они не работают на полную мощность. Строительство второй очереди не начато.

Большая часть территории Вольска расположена в пределах водосборных бассейнов водотоков Верхняя Малыковка (длина 3,28 км) и Нижняя Малыковка (2,74 км). Нижняя Малыковка внесена в государственный водный реестр в статусе реки как типа водного объекта. Ранее водотоки обследовались в разные сезоны года в гидрохимическом отношении по устьевым створам [1]. В результате установлено повышенное содержание нитритов, общего железа, меди, цинка, сульфатов, азота аммония и нефтепродуктов относительно рыбохозяйственных нормативов, а также то, что хозяйственно-питьевые нормативы были превышены в весенний период по общему железу и нефтепродуктам.

В приповерхностном слое донных отложений происходит сезонная аккумуляция материала в виде наносов, сменяющаяся эрозионным размывом во время снеготаяния и при выпадении ливневых атмосферных осадков, а также перемещением к базису эрозии – Волгоградскому водохранилищу. Исследование наносов позволяет оценить специфику миграции вещества и его химического состава, при этом наносы рассматриваются как русловые литопотоки, характеризующие особенности склоновых литопотоков водосборного бассейна.

Трансформация минерального состава донных отложений по длине водотоков в настоящее время исследована недостаточно полно [2]. Сведения о минеральном составе донных наносов водотоков дают представление об условиях и источниках формирования осадков. Минеральный состав влияет на аккумуляцию загрязняющих веществ, что позволяет использовать эти данные при эколого-геохимических исследованиях.

Цель статьи – исследование минерального состава и содержания загрязняющих веществ в донных наносах водотоков на территории города Вольска.

Объекты и методы исследования

На территории города Вольска в августе 2020 г. и в апреле 2021 г. по длине двух водотоков – Верхней и Нижней Малыковок – выполнен отбор проб донных наносов с глубин 0–1 см пластмассовым совком, которые хранятся в герметичных пластиковых пакетах (рис. 1, табл. 1). Объединенная проба состояла из 3–5 частных, отобранных по поперечному профилю водотока. Образцы осадка просушивались, доводились до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре в лабораторных условиях и измельчались пестиком с резиновым наконечником в фарфоровой ступке. Средняя проба отбиралась методом квартования.

Исследование минерального состава проб, отобранных летом 2020 г., выполнено на рентгеновском дифрактометре D8 ENDEAVOR фирмы «Bruker AXS» (Германия). Определены основные пороодообразующие минералы: кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, кальцит, доломит, каолинит, хлорит, гидрослюда.

Для химического анализа подготовлены образцы с размерами частиц менее 1 мм. В качестве экстрагента использованы вытяжки 1 моль/дм³ раствором HNO₃, характеризующие содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов (ТМ). Определение ТМ (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr) в полученном растворе проведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме пламенной атомизации на спектрофотометре «Квант-2А». Анализ содержания органического вещества (C_{орг}) выполнен методом И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО при использовании фотоколориметра КФК-3. Содержание нефтепродуктов (НП) определено расчетом их массовой доли гравиметрическим методом. Аналитические работы выполнены в лаборатории геоэкологии Саратовского университета.

В России на федеральном уровне отсутствуют экологические и гигиенические нормативы качества донных отложений, поэтому специально отметим применяемые методические подходы.

Оценка загрязнения донных наносов ТМ выполнена с использованием индивидуального коэффициента загрязнения (K_з), степени загрязнения (C_з) и суммарного показателя загрязнения (Z_с).

Поэлементное техногенное загрязнение установлено по коэффициенту загрязнения $K_z = C_i / C_{ф}$, где C_i – фактическая концентрация элемента, $C_{ф}$ – фоновая концентрация. Оценка загрязнения выполнена по схеме: $K_z < 1$ – загрязнение отсутствует; $1 \leq K_z < 3$ – умеренное;

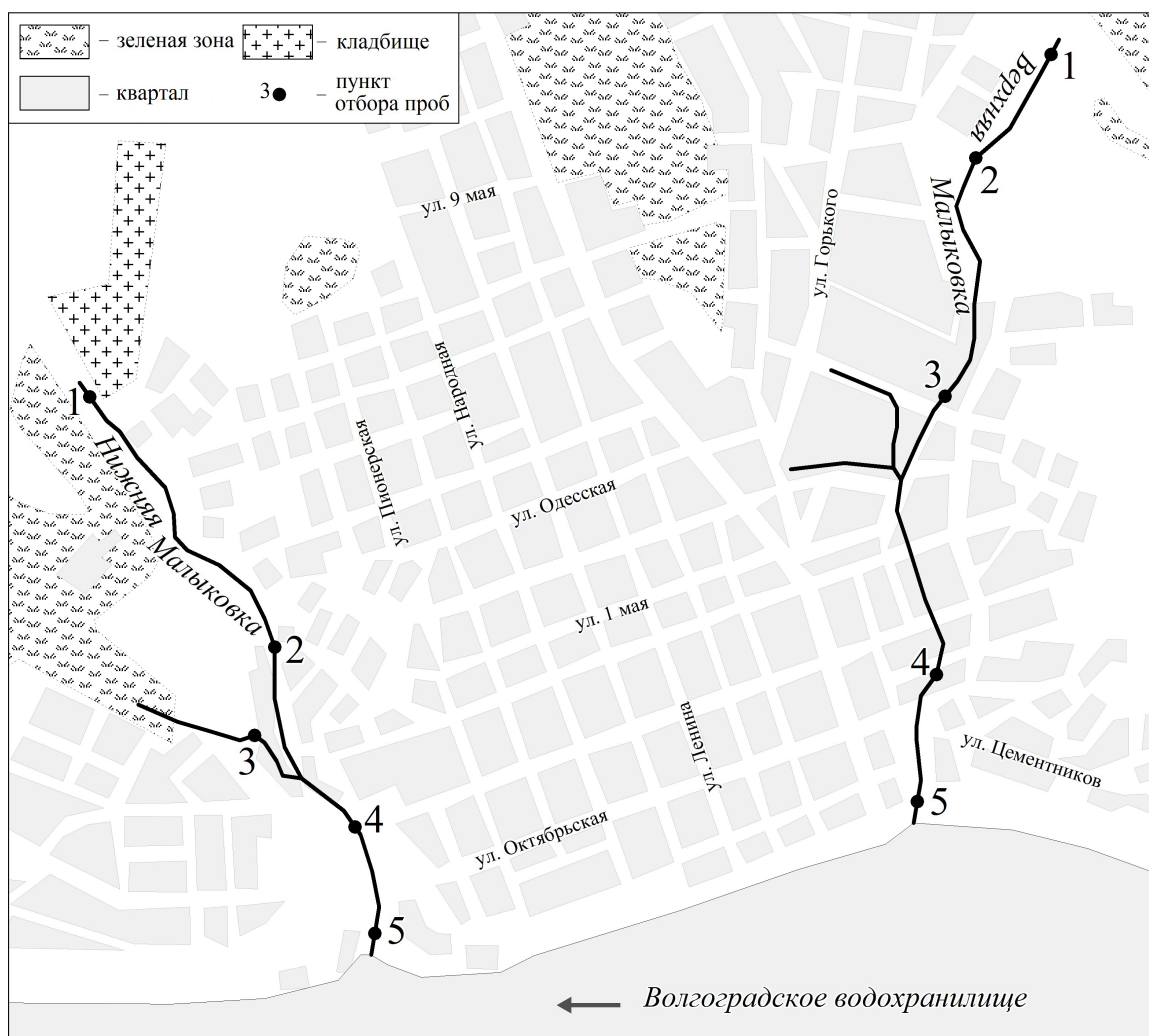


Рис. 1. Схема отбора проб донных наносов

Таблица 1

Общая характеристика объектов исследования

Место отбора проб	<i>L</i> , м	<i>H</i> , м	Положение
Верхняя Малыковка			
1	25	64	Исток, урочище «Головушка», район горнолыжной базы
2	580	54	Гаражный массив, 60 м к северо-западу от дома 318 по ул. Львова
3	1640	38	Район Горпарка, около дома 139 а по ул. Львова
4	2780	24	Пересечение водотока мостом по ул. Пугачева
5	3220	16	Устье, затопляемое в половодье водохранилищем
Нижняя Малыковка			
1	55	58	Исток, район городского кладбища
2	1240	39	Около дома 45 по ул. Комбайнеров
3	—	34	Правосторонний приток, район дома 5, пер. Комбайнеров
4	2220	28	Район автодорожного моста, 50 м к северу от здания очистных сооружений
5	2690	16	Устье, затопляемое в половодье водохранилищем

Примечание. *L* – расстояние от истока, *H* – абсолютная высота.



$3 \leq K_3 < 6$ – значительное; $K_3 \geq 6$ – высокая степень загрязнения.

Совокупное воздействие нескольких загрязнителей оценено по степени загрязнения: $C_3 = \sum K_3$ [3]. Оценка степени загрязнения по C_3 проведена с учетом количества определяемых элементов [4]: $C_3 < 6$ – загрязнение отсутствует; $6 \leq C_3 < 12$ – умеренная; $12 \leq C_3 < 24$ – значительная; $C_3 \geq 24$ – высокая степень загрязнения.

Подсчитана величина суммарного показателя загрязнения $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где K_c – коэффициент концентрации компонента загрязнения; n – число суммируемых элементов, K_c которых превышает 1,0. По величине Z_c выделяются уровни техногенного загрязнения: < 10 – слабый, $10-30$ – средний, $30-100$ – высокий, $100-300$ – очень высокий, > 300 – чрезвычайно высокий [5].

Степень загрязнения НП определялась по методике [6, с упрощениями] по коэффициенту загрязнения $K_3 = C_i / C_{ф}$. Классификация коэффициентов загрязнения: $K_3 < 3$ – умеренный, $3 \leq K_3 < 6$ – значительный, $K_3 \geq 6$ – высокий.

Использована методика оценки загрязнения донных отложений НП Приволжского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС): чистые – до 100; слабозагрязненные – от 100 до 200; среднезагрязненные – от 200 до 600; грязные – от 600 до 1000; очень грязные – более 1000 мг/кг [7].

Для оценки степени трансформации химического состава донных наносов в качестве условного фона принято содержание загрязняющих веществ в верховье малой реки Нижней Малыковки, находящимся в условиях пониженной техногенной нагрузки. Исследуемые водотоки сходны по гидрологическому режиму, а их

водосборы – по геолого-геоморфологическому строению и ландшафтными условиям.

Результаты

Минеральный состав

Результаты рентгеноструктурного анализа содержания порообразующих минералов в донных наносах представлены в табл. 2. Важно отметить, что проводимые исследования показали высокое содержание органического вещества в донных наносах, что является причиной определения минерального состава лишь до групп, а не минеральных видов.

Повсеместно наиболее распространенным порообразующим минералом является кварц, обладающий высокой миграционной способностью. Его доля среди всех порообразующих минералов в девяти из десяти проб составляет от 52% и выше. Максимальная доля кварца отмечается в устьевых участках водотоков, затопливаемых в половодье водами Волгоградского водохранилища.

Характерно изменение относительной доли кварца и кальцита по длине водотоков (рис. 2). Связь обратная: при уменьшении доли кварца растет относительное содержание кальцита. Максимальные значения кальцита (и минимальные кварца) приурочены к участкам поступления загрязняющих веществ и накопления техногенных илов, где отмечены резкий неприятных запах вод и наносов.

Эколого-геохимическое состояние наносов

Результаты количественного химического анализа проб наносов приведены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты рентгеноструктурного анализа донных наносов

Проба	Содержание, %							
	Кварц	Калиевый полевой шпат	Плагиоклаз	Кальцит	Доломит	Каолинит	Хлорит	Гидрослюда
Верхняя Малыковка								
1	63	5	7	15	1	2	1	6
2	77	7	7	5	1	1	–	3
3	45	7	10	20	6	2	1	9
4	84	5	4	2	3	1	–	1
5	84	5	5	2	3	–	–	1
Нижняя Малыковка								
1	70	6	7	10	–	1	1	5
2	52	3	5	28	2	2	1	7
3	59	5	8	16	–	3	1	9
4	72	7	7	6	3	1	1	3
5	85	4	4	3	1	1	–	3

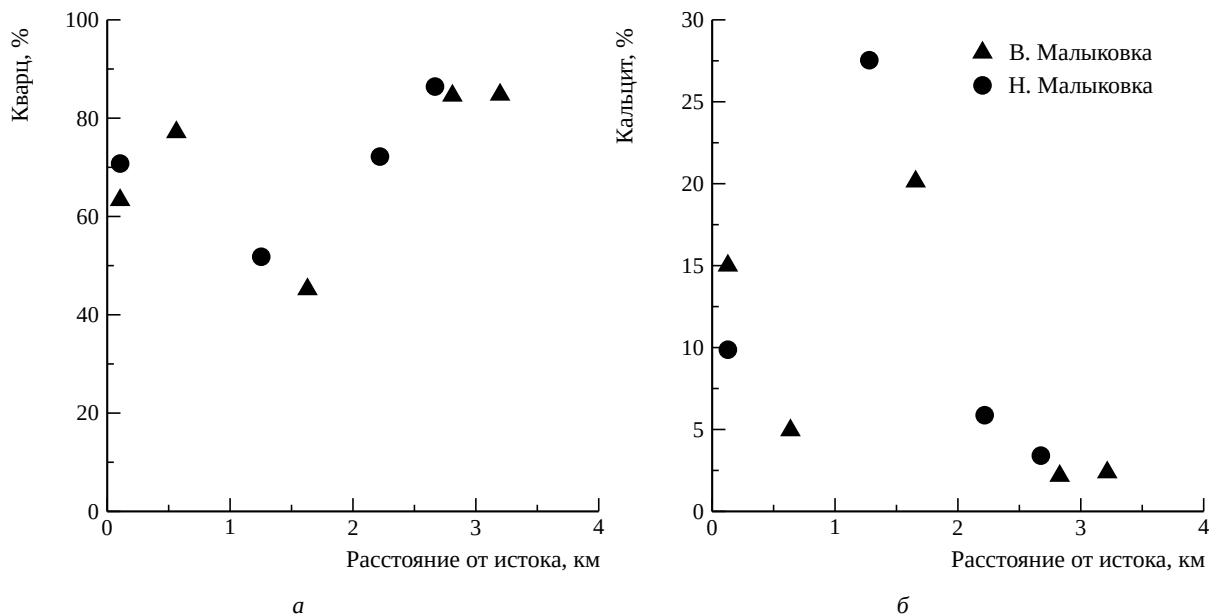


Рис. 2. Изменение доли кварца (а) и кальцита (б) в донных наносах водотоков

Верхняя Малыковка

Содержание загрязняющих веществ на участке от истока до середины длины русла более высокое, чем в нижнем течении. Это связано

с поступлением сточных вод промышленного предприятия уже в истоке, в связи с чем донные наносы обогащены ТМ. Особенно выделяется высокое содержание Cd и Zn, широко использу-

Таблица 3

Содержание кислоторастворимых форм тяжелых металлов и нефтепродуктов, мг/кг, органического вещества, %, в донных наносах

Проба	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn	НП	C _{орг}
Верхняя Малыковка								
1	6,56	23,43	15,22	0,68	11,21	379,23	1300	1,34
	15,07	63,07	21,96	1,44	14,48	223,83	2600	1,74
2	6,43	22,31	10,7	0,84	75,94	574,96	1040	1,17
	19,19	73,81	22,45	1,37	20,71	260,55	2720	2,88
3	6,4	30,64	6,89	0,71	22,07	418,45	6740	1,34
	14,51	34,67	7,42	0,65	25,7	177,66	10320	1,36
4	1,86	6,61	0,33	0,14	7,54	24,04	260	1,06
	5,44	18,28	0,65	0,29	12,76	74,7	5980	1,37
5	2,49	11,82	0,31	0,2	10,34	55,3	2620	1,22
	-	-	-	-	-	-	-	-
Нижняя Малыковка								
1	5,26	2,63	0,07	0,14	4,52	9,08	2200	0,93
	9,62	5,66	0,14	0,23	7,93	35,34	120	1,55
2	5,7	13,51	0,1	0,27	7,57	54,43	7500	1,21
	8,84	20,26	0,17	0,35	10,27	72,29	2620	1,89
3	11,53	20,26	0,23	0,28	16,17	50,13	640	1,30
	24,42	13,36	0,29	0,26	16,29	68,92	260	1,78
4	6,08	17,51	0,15	0,36	12,82	54,91	3800	0,96
	7,46	16,93	0,15	0,47	14,1	56,29	4540	2,66
5	3,35	12,95	0,09	3,15	9,55	44,31	1420	1,18
	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание. В числителе – в летний период (август 2020 г.), в знаменателе – в весенний период (апрель 2021 г.); прочерк означает отсутствие данных.



емых на машиностроительном предприятии для защиты поверхности изделий от коррозии.

В летний период в истоке фиксируется наибольшее содержание Ni и Cd. Максимальные концентрации Cr, Zn и Pb отмечены в гаражном массиве, Cu и НП – в районе расположения частного жилого сектора и обширной территории военной академии материально-технического обеспечения. Наиболее низкое содержание загрязняющих веществ обнаружено на участке в районе ул. Пугачева, перед которым водоток образует излучину с развитием правосторонней поймы. В устьевой части водотока в районе автостанции и транспортной развязки русло замусорено и в него направляется загрязненный поверхностный сток, повышая содержание поллютантов.

В весенний период общий характер загрязнения наносов водотока остается прежним, при этом участки максимального содержания некоторых загрязняющих веществ смещаются от истока ближе к средней части длины водотока в связи с транспортом наносов потоком, обладающим большей энергией. В истоке зафиксирована максимальная концентрация Cr, в гаражном массиве – Ni, Cu, Cd, Zn, в районе военной академии – Pb и НП (см. табл. 3).

В сезонной динамике ярко проявляется ухудшение качества наносов в весенний период, что связано с поступлением токсикантов с водосбо-

ра при снеготаянии и активизацией эрозионных процессов в русле, что приводит к взмучиванию осадков. Из 32 сравнительных пар анализируемых показателей в 27 случаях (84,4%) их содержание выше весной, чем летом. Весной повсеместно по сравнению с летом в более высоких концентрациях обнаруживаются Ni (в 2,27–2,3 раза), Cd (1,08–2,1 раза), Cu (1,13–3,31 раза), НП (1,53–23 раза), C_{орг} (1,01–2,46 раза). Содержание Cr в трех случаях выше весной (в 1,63–2,12 раза), в одном – летом (1,09 раза). Концентрация Pb весной выше в трех пробах (1,16–1,69 раза), летом – в одной (3,67 раза). Zn – единственный компонент, по которому в 3 из 4 пар проб содержание выше летом (1,69–2,36 раза), в одной пробе превышение весной в 3,11 раза.

Летом величина C_з убывает от истока к устью с минимумом по створу отбора проб № 4. По створам 1–3 отмечается высокая степень загрязнения наносов с превышением нижнего порога данной категории загрязнения в 7–11,5 раза. В пробах № 4 и № 5 обнаружена значительная степень загрязнения (табл. 4).

Весной наибольшая C_з зафиксирована по створу 2 при дальнейшем снижении вниз по течению. В створах 1–3 наносы характеризуются высокой степенью загрязнения, в створе 4 – значительной.

Таблица 4

Расчетные величины загрязнения донных наносов

Проба	ТМ								НП
	K _з						C _з	Z _с	K _з
	Ni	Cu	Cd	Cr	Pb	Zn			
Верхняя Малыковка									
1	<u>1,24</u> 1,57	<u>8,91</u> 11,14	<u>217,43</u> 156,86	<u>4,86</u> 6,26	<u>2,48</u> 1,83	<u>41,77</u> 6,33	<u>276,69</u> 183,99	<u>271,69</u> 178,99	<u>0,59</u> 21,67
2	<u>1,22</u> 1,99	<u>8,48</u> 13,04	<u>152,86</u> 160,36	<u>6</u> 5,96	<u>16,8</u> 2,61	<u>63,32</u> 7,37	<u>248,68</u> 191,33	<u>243,68</u> 186,33	<u>0,47</u> 22,67
3	<u>1,22</u> 1,51	<u>11,65</u> 6,13	<u>98,43</u> 53	<u>5,07</u> 2,83	<u>4,88</u> 3,24	<u>46,08</u> 5,03	<u>167,33</u> 71,74	<u>162,33</u> 66,74	<u>3,06</u> 86
4	<u>0,35</u> 0,57	<u>2,51</u> 3,23	<u>4,71</u> 4,64	<u>1</u> 1,26	<u>1,67</u> 1,61	<u>2,65</u> 2,11	<u>12,89</u> 13,42	<u>6,54</u> 7,85	<u>0,12</u> 49,83
5	<u>0,47</u> –	<u>4,49</u> –	<u>4,43</u> –	<u>1,43</u> –	<u>2,29</u> –	<u>6,09</u> –	<u>19,2</u> –	<u>13,73</u> –	<u>1,19</u> –
Нижняя Малыковка									
2	<u>1,08</u> 0,92	<u>5,14</u> 3,58	<u>1,43</u> 1,21	<u>1,93</u> 1,52	<u>1,67</u> 1,3	<u>5,99</u> 2,05	<u>17,24</u> 10,58	<u>12,24</u> 4,66	<u>3,41</u> 21,83
3	<u>2,19</u> 2,54	<u>7,7</u> 2,36	<u>3,29</u> 2,07	<u>2</u> 1,13	<u>3,58</u> 2,05	<u>5,52</u> 1,95	<u>24,28</u> 12,1	<u>19,28</u> 7,1	<u>0,29</u> 2,17
4	<u>1,16</u> 0,78	<u>6,66</u> 2,99	<u>2,14</u> 1,07	<u>2,57</u> 2,04	<u>2,84</u> 1,78	<u>6,04</u> 1,59	<u>21,41</u> 10,25	<u>16,41</u> 4,47	<u>1,73</u> 37,83
5	<u>0,63</u> –	<u>4,92</u> –	<u>1,29</u> –	<u>22,5</u> –	<u>2,11</u> –	<u>4,88</u> –	<u>36,33</u> –	<u>30,7</u> –	<u>0,65</u> –

Примечание. Условные обозначения см. табл. 3.



Загрязнение проб ТМ характеризуется по Z_c абсолютными величинами, сходными со C_3 , при этом отличается градация уровней загрязнения. По Z_c ни в одной пробе ни весной, ни летом не обнаружено чрезвычайно высокого уровня техногенного загрязнения. В летний период по пробам в створах 1–3 фиксируется очень высокий уровень загрязнения, в створе 4 – слабый, в устьевом створе 5 – средний. Весной по первым двум створам выявлен очень высокий уровень загрязнения, в створе 3 – высокий, в створе 4 – слабый (см. табл. 4).

Уровень загрязнения НП по K_3 летом оказывается заниженным по причине высокого уровня содержания НП в условно-фоновой пробе. Значительная степень загрязнения обнаружена лишь в пробе в районе Горпарка. В весенний период по всем пробам зафиксирована высокая степень загрязнения НП, превышающая нижний порог категории в 3,6–14,3 раза (см. табл. 4).

Согласно критериям Приволжского УГМС, по содержанию НП в летний период четыре пробы характеризуют донные наносы как очень грязные и лишь проба по створу 4 среднезагрязненная. Весной все пробы относятся к очень грязным.

Содержание $C_{орг}$ в летний период превышает фоновое значение повсеместно в 1,14–1,44 раза. Весной выше фона в 1,12–1,86 раза пробы по двум створам в верховье. Повышенное по сравнению с фоном содержание $C_{орг}$ связано с многолетним поступлением в водоток бытовых канализационных стоков. В восьми из девяти проб содержание $C_{орг}$ в наносах меньше, чем в среднем в городских почвах на территории Вольска (1,88%, по [8]). Повсеместное увеличение $C_{орг}$ содержания весной связано с поступлением гумуса в долинный комплекс при плоскостной эрозии на водосборе.

Нижняя Малыковка

Исток представляется собой разгружающийся родниками водоносный горизонт верхнемеловых отложений и расположен в асимметричной речной долине с широким, относительно пологим правым склоном и крутым левым склоном, к подножию которого прижато верхнее течение реки. Вдоль долинного комплекса на большей части протяжения ранее функционировала линия железной дороги. На водосборе до истока расположены плодовые сады, предприятие ООО «Вольский мел», карьер по добыче мела и городское кладбище. В верхнем течении размещены: пищевое предприятие по переработке фруктов и овощей и изготовлению соков ООО «Плодовое-2009»; загон для скота; нефункционирующие объекты – бывшие склады соды; дорожно-ремонтное предприятие и автозаправочная станция. В среднем и нижнем течении максимальная нагрузка наблюдается со стороны частного жилого сектора, не оснащенного

централизованной канализацией. Ранее в нижней трети течения в реку открытым потоком впадали канализационные стоки крупного городского микрорайона и существовал кожевенный завод. В 2019 г. в приустьевой части водотока введены в эксплуатацию городские канализационные очистные сооружения.

В летний период по длине водотока растет концентрация в наносах Ni, Cu, Cd, Cr, Pb и Zn. При этом в наносах правостороннего притока обнаружено максимальное содержание Ni, Cu, Cd, Pb и $C_{орг}$ и минимальное НП. В устьевом створе, затопляемом волжской водой во время половодья, содержание НП и большинства ТМ падает, за исключением Cr, содержание которого многократно возрастает; увеличивается и доля $C_{орг}$.

Весной по длине водотока от истока к устью растет содержание Cr, Pb, НП, $C_{орг}$ и убывает содержание Ni. Ко второму створу смещается от приустьевого участка зона максимальной концентрации Cu, Cd, Zn. В наносах правостороннего притока выше, чем в основном русле, содержание Ni, Cd, Pb (см. табл. 3).

В сезонной динамике анализируемых показателей из 32 сравнительных пар повышение содержания весной обнаружено в 25 случаях (78,1%), более высокие значения летом – в 6 случаях (18,8%) и отсутствие изменений – 1 случай (3,1%). Повсеместный рост концентрации весной отмечен для Ni, Pb, Zn, $C_{орг}$. Из четырех проб в трех весной содержание выше у Cr, в двух – у Cu. В динамике содержания Cd: максимум весной – 2 пробы, летом – 1 проба, динамика отсутствует – 1 проба. Единственный показатель, по которому фиксируется более высокое содержание летом, – НП (три из четырех проб).

Как отмечалось, в летний период в пробе наносов в истоке Верхней Малыковки, принятой за условный фон, отмечено высокое содержание НП, поэтому лишь по створу 2 зафиксирована значительная степень загрязнения по величине K_3 . Весной по двум пробам в основном русле отмечается высокая степень загрязнения, в правостороннем притоке – умеренная (см. табл. 4).

По критериям Приволжского УГМС в летний период все пробы донных наносов из основного русла характеризуются как очень грязные, и лишь проба правостороннего притока относится к грязным. Весной в истоке донные наносы слабо загрязнены, в правостороннем притоке обнаружено среднее загрязнение, а по техногенно-нагруженным створам 2 и 4 – очень грязные грунты.

Содержание $C_{орг}$ превышает фоновое повсеместно летом в 1,03–1,4 раза, весной – в 1,15–1,72 раза, что связано с поступлением в водоток бытовых канализационных стоков. В семи из девяти проб наносов Нижней Малыковки содержание $C_{орг}$ меньше, чем в среднем в городских почвах на территории Вольска. Повышенное содержание углерода весной по сравнению с летом



связано с активизацией эрозионных процессов на водосборе.

Выводы

В составе породообразующих минералов повсеместно преобладает устойчивый кварц. Его пониженное содержание обнаружено на участках поступления загрязненных сточных вод и накопления техногенных илов. С уменьшением доли кварца растет содержание кальцита.

Качество донных наносов весной по сравнению с летом ухудшается в связи с поступлением загрязняющих веществ с водосбора со снеготальными водами. Увеличение содержания анализируемых параметров весной происходит для Верхней Мальковки в 84,4% случаев, для Нижней Мальковки в 78,1%.

Высокая степень загрязнения наносов водотоков веществами разных классов опасности и пониженное по сравнению с фоном городских почв содержание органического углерода (83,3% проб) позволяют рассматривать грунты в качестве объекта накопленного экологического вреда, требующего рекультивации. Они не только ухудшают качество городских водотоков и среды обитания населения, но и оказывают негативное воздействие на Волгоградское водохранилище, особенно в прибрежной полосе.

Библиографический список

1. Шешнёв А. С. Качество поверхностного стока с территории города Вольска // Известия Саратовского универ-

ситета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 1. С. 51–55. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-1-51-55>

2. Савичев О. Г., Домаренко В. А., Перегудина Е. В., Лепокурова О. Е. Трансформация минерального состава донных отложений от истоков к устьям рек // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329, № 7. С. 43–56.

3. Håkanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control – a sedimentological approach // Water Research. 1980. Vol. 14, iss. 8. P. 975–1001.

4. Фоновое содержание тяжелых металлов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан. Региональные нормативы. Казань : Минприроды РТ, 2019. URL: http://pravo.tatarstan.ru/rus/oiv/min/eco/?npa_id=352971 (дата обращения: 30.08.2021).

5. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин [и др.]. Москва : Недра, 1990. 335 с.

6. Фоновое содержание нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов Республики Татарстан. Региональные нормативы. Казань : Минприроды РТ, 2020. URL: https://pravo.tatarstan.ru/oiv/min/eco/?npa_id=535231 (дата обращения: 23.08.2021).

7. Экологический бюллетень. Самарская область. 2019 год. Самара : Приволжское УГМС, 2020. 48 с.

8. Решетников М. В., Маджид Д. С. М., Шкодин С. Д., Юдин Н. Б. Органическое вещество в почвах города Вольска (Саратовская область) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2019. Т. 19, вып. 1. С. 63–67. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2019-19-1-63-67>

Поступила в редакцию 05.12.2021; одобрена после рецензирования 10.12.2021; принята к публикации 20.12.2021

The article was submitted 05.12.2021; approved after reviewing 10.12.2021; accepted for publication 20.12.2021