
ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 550.42:552.142:551.311

ISSN 1609-0691

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/1/102-112>

Поступила в редакцию: 07.10.2024

Принята к публикации: 20.02.2025

Опубликована онлайн: 31.03.2025

Минеральный и химический состав балочного аллювия на территории г. Камышина (Волгоградская область)

© 2025 А. С. Шешнёв¹✉, О. А. Герасимов¹, М. В. Решетников², А. В. Перунов²

¹ Саратовский государственный университет,

ул. Астраханская, 83, 410012, Саратов, Российская Федерация

² Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжениринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми,

ул. Центральная, 19/17, 628486, Когалым, Российская Федерация

Аннотация

Введение: в условиях эрозионного рельефа долины выполняют функции транзита и аккумуляции материала, состав которого формируется под влиянием природных и техногенных факторов. Изучение состава аллювиальных образований на урбанизированных территориях имеет прикладное значение для анализа потоков вещества. Цель статьи – исследование вещественного состава балочного аллювия на территории города Камышина (Волгоградская область).

Методика: в 2022 году проведен отбор 22 проб аллювиальных образований, в том числе 20 – по длине балок, 2 – в устьевых створах малых рек. Выполнены анализы: минерального состава – на рентгеновском дифрактометре D8 ENDEAVOR; химического состава – на рентгеновском аппарате «Спектроскан МАКС-GVM»; микроскопическое изучение проб – на микроскопе МБС-10.

Результаты и обсуждение: в составе балочного аллювия отражаются три основные обстановки его накопления. В условиях преобладания глубинной эрозии состав наносов приближается к размываемым горным породам – пескам и песчаникам (содержание кварца >80 %, SiO₂>60 %). При отсутствии глубинной эрозии и накоплении в тальвеге почвенного материала, поступающего из боковых отвершков и с плоскостным смызовом, доля кварца уменьшается до 50–70 % (SiO₂ 40–60 %), возрастает содержание гидрослюд, каолинита и полевых шпатов; в петрохимическом составе – рост величины потерь при прокаливании и содержания Al₂O₃. При заболачивании устьевых частей балок ключевую роль играет биогенная аккумуляция химических элементов, с чем связана пониженная доля кварца (<50 %) и SiO₂ (<40 %), повышенное содержание кальцита, хлорита и гидрослюд; максимальные значения потерь при прокаливании. Повышенное содержание ряда микроэлементов связано с техногенным привносом и специализацией источников поступления. В составе техногенного материала встречены частицы шлака, кирпичная крошка, сажа, зола, металлические микросферулы, синтетические волокна, пластик, стекло.

Заключение: состав балочного аллювия в городах – результат эрозионно-аккумулятивных процессов на водосборе, отражающих как геолого-геоморфологические условия, так и техногенные потоки вещества от различных источников. Анализ балочного аллювия имеет практическое значение для геоэкологического районирования городской территории, контроля состава выносимого в приемный бассейн материала и принятия природоохранных решений.

Ключевые слова: балочный аллювий, вещественный состав, Камышин.

Для цитирования: Шешнёв А. С., Герасимов О. А., Решетников М. В., Перунов А. В. Минеральный и химический состав балочного аллювия на территории г. Камышина (Волгоградская область) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2025. № 1. С. 102–112. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/1/102-112>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Шешнёв Александр Сергеевич, e-mail: sheshnev@inbox.ru

Введение

В руслах оврагов, балок и рек перемещается значительная часть продуктов разрушения горных пород и почв на водосборе. Отложения постоянных и временных русловых водных потоков объединены в единый генетический тип – аллювий [1], одна из его форм для долин равнинных районов с временными водотоками – овражно-балочный аллювий.

Овражно-балочный аллювий – переходный от руслового речного аллювия к делювию. В балансе наносов вклад отложений, поступающих аллювиальным путем по тальвегу долины, сопоставим с объемом делювиального материала, направляемого в балку со склоновым смывом. В условиях городской территории в формировании состава аллювия участвует техногенный материал из различных источников, и его роль в осадочном седиментогенезе возрастает в местах поступления сточных вод. Формирующийся в гидросети на территории Москвы аллювий с обилием материала техногенного происхождения назван техноаллювием [2]. При высокой доле неприродного материала отложения оврагов и балок можно именовать техногенным овражно-балочным аллювием.

Эрозионно-аккумулятивные процессы на водосборе детально изучены [3–5]. Традиционно исследуются вопросы механического перемещения материала; меньшее внимание уделяется геохимическим аспектам функционирования малых водосборов, минеральному составу и дифференциации аллювия по длине балок. Основное внимание при минералого-геохимических исследованиях объектов флювиальной сети уделяется рекам, в том числе анализу вещественного состава и геохимическим особенностям донных отложений [6].

Балочный аллювий может быть весьма разнообразен по происхождению, механизмам переноса, химическому и минеральному составу. Значительная его часть, особенно при наличии механических барьеров в балках, не достигает устья. Область поступления терригенного материала – водосборный бассейн. Обстановки осадконакопления в балках преимущественно эрозионного и транзитного типов, и лишь в устьевых частях или у механических барьеров седиментационного. Балочный аллювий в результате многократного переотложения и биогеохимических процессов существенно различается в зонах денудации, транзита и аккумуляции, а всю длину эрозионных форм преодолевают преимущественно наиболее легкие устойчивые минералы.

В условиях временной смены фаз эрозии, транзита и накопления материала, обусловленной климатической и гидрологической сезонностью, максимальное количество материала из балок выносится во время снеготаяния и ливневых осадков. Состав балочного аллювия – важный индикатор состояния постоянного или временного водотока, в отличие от динамично меняющихся показателей состава вод [7], его можно рассматривать как интегральную характеристику водосборного бассейна. Исследование частиц техногенного происхождения играет важную роль при проведении минералого-геохимической оценки природных сред,

позволяет оценить их долю в валовом составе и вклад в трансформацию типоморфных элементных ассоциаций [8, 9].

Ранее авторами на территории Камышина изучался минеральный состав и содержание тяжелых металлов по устьевым створам балок и малых рек [10]. Исследования вещественного состава аллювиальных образований балок на всем их протяжении не проводились. Цель работы – характеристика вещественного состава аллювиальных образований балок на территории Камышина.

Территория исследований

Город Камышин расположен на севере Волгоградской области на правом берегу Волгоградского водохранилища. Площадь – 78.5 км², население – 108 тысяч человек (2021 г.). Во второй половине XX века в городе разворачивается масштабное промышленное и жилищное строительство, трансформируется приповерхностная часть геологической среды. Погребены под техногенными отложениями многочисленные овраги и верховья крупных балок, а их долины на отдельных участках сужены. Заполнение в 1958–1960 гг. Волгоградского водохранилища изменило гидрографическую сеть.

На территории между Волгой и Иловлей распространены палеоценовые и эоценовые отложения, преимущественно представленные песками, опоками, песчаниками, алевритами, алевролитами и глинами [11, 12].

Территория располагается в границах морфоструктуры юго-восточного окончания эрозионно-денудационной Приволжской возвышенности в пределах мезокайнозойской Приволжской моноклинали с прямым соотношением рельефа и тектоники [13]. В строении рельефа отмечаются несколько ступеней и высокая горизонтальная и вертикальная расчлененность. Центральные кварталы города расположены на раннехвалынской абразионно-аккумулятивной террасе [14]. В условиях степной зоны и обращенного к Волге склона Приволжской возвышенности развита овражная эрозия.

Территория города разделяется на северную и южную части заливом Волгоградского водохранилища. Камышинский залив имеет длину около 3.32 км и ширину до 0.5 км. Создание водохранилища, образование заливов, повышение базиса эрозии и сооружение плотин в долинах ослабило современную овражную эрозию в устьевых частях крупных балок. Крупнейшие балки в южном районе – Беленький и Кирпичный; в северном – Первый и Второй овраги. В Генеральном плане Камышина решено засыпать грунтом неглубокие овраги в зонах застройки. Для широких и глубоких балок предусмотрена частичная засыпка и прокладка закрытых ливнесточных коллекторов.

Методика

В конце августа 2022 г. проведен отбор 22 проб аллювиальных образований, в том числе 20 – из тальвегов по длине шести балок, и 2 – в устьевых створах рек Камышинки и Елшанки (рис. 1). В тальвегах всех балок четко выражены следы временных русловых

потоков. Кроме рек, постоянный водоток присутствует во Втором овраге.

Отбор проб массой около 1 кг проведен из приповерхностного слоя (0–2 см) путем объединения по каждому пункту 3–5 частных проб. Образцы доведены до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре и измельчены. Средняя пробы отобрана методом квартования.

На рентгеновском дифрактометре D8 ENDEAVOR («Bruker AXS», Германия) проведен анализ минерального состава, его количественные данные отражают содержание основных пордообразующих (осадкообразующих) минералов. Валовый химический состав установлен методом рентгенофлуоресцентного ана-

лиза на рентгеновском аппарате «Спектроскан МАКС-GVM» («Спектрон», Россия), позволяющем определять оксиды пордообразующих элементов, ряд микрэлементов и потери при прокаливании (ППП).

Микроскопическое изучение проб по диагностическим признакам [8] проводилось с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа МБС-10. Выделены две группы частиц по происхождению – природные и техногенные (ТЧ). В число природных входят минеральные и биогенные частицы. Техногенный материал чрезвычайно разнообразен. Для определения процентного содержания частиц разного генезиса использованы сравнительные графические таблицы.

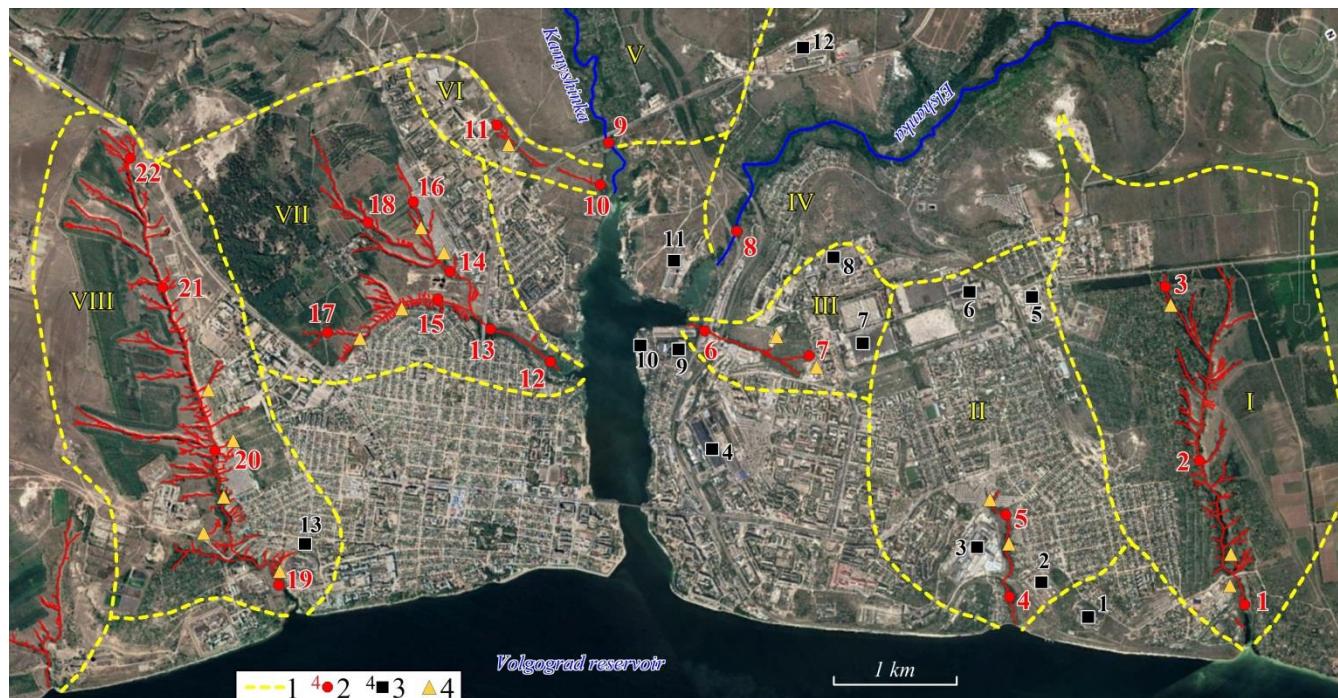


Рис. 1. Схема отбора проб на территории Камышина. Условные обозначения: I – водосборные бассейны: I – Второй овраг, II – Первый овраг, III – Мышиный овраг, IV – река Елшанка, V – река Камышинка, VI – Придорожный овраг, VII – Кирпичный овраг, VIII – Беленький овраг; 2 – пункты отбора проб; 3 – основные промышленные предприятия: 1 – опытный завод, 2 – нефтебаза, 3 – стеклотарный завод, 4 – крановый завод, 5 – завод стеновых материалов, 6 – литейно-механический завод, 7 – хлопчатобумажный комбинат, 8 – ТЭЦ, 9 – машиностроительный завод, 10 – речной порт, 11 – элеватор, 12 – завод газового оборудования, ферросплавный, слесарно-монтажного инструмента, бурового инструмента, кузнецко-литейный, 13 – завод нестандартных конструкций; 4 – несанкционированные свалки.

[**Fig. 1.** Sampling scheme in the city of Kamyshin. Legend: (1) – water catchments: I – Vtoroy ravine, II – Pervyi ravine, III – Myshinyi ravine, IV – Elshanka river, V – Kamyshinka river, VI – Pridorozhnyi ravine, VII – Kirpichnyi ravine, VIII – Belenkiy ravine; (2) – sampling points; (3) – main industrial enterprises: (1) – pilot plant, (2) – oil depot, (3) – glass container plant, (4) – crane plant, (5) – wall materials plant, (6) – foundry and mechanical plant, (7) – cotton mill, (8) – thermal power plant, (9) – machine-building plant, (10) – river port, (11) – elevator, (12) – gas equipment plant, ferroalloy, metalworking and assembly tools, drilling tools, forging and foundry, (13) – non-standard designs plant; (4) – illegal dumps.]

Результаты

Результаты определения доли природных и техногенных частиц представлены в таблице 1.

Результаты анализа содержания пордообразующих минералов приведены в таблице 2, определение валового химического состава – в таблице 3.

Обсуждение результатов

Овраг Беленький. Глубокая балка широтной

ориентации длиной 4.62 км, ограничивающая застройку города с юга. В устье при создании водохранилища образован залив шириной до 240 м и длиной около 310 м. Водоток в балке носит временный характер. По длине балки отобрано четыре пробы.

От верховья до середины балки при активно развивающейся овражной эрозии наносы представлены кварцевым песком (93.19–95.68 % кварца, 76.08–79.87 % SiO₂). В верховье балки (т. 22) встречены

редкие частицы угля и повышенено содержание пирита. В т. 21 зафиксировано наибольшее из всех проб содержание сидерита, в химическом составе на общегородском фоне повышенное содержание Na_2O , Rb , Sr , Y , Zr и Pb .

В средней части в балку впадает ряд крупных боковых оврагов, днище заполнено обломочным материалом, активной донной эрозии не отмечается. Вдоль левого борта протягивается крупный гаражный массив, склоны покрыты шлейфом отходов. Водный поток не способен выполнить транзит материала из боковых притоков, по которым поступает песчаный материал разрушения коренных горных пород и почвенные частицы с водосбора. В результате в минеральном составе резко уменьшается содержание кварца (58.14 %),

а на фоне всех городских проб повышенная доля калиевых полевых шпатов (КПШ), плагиоклазов, кальцита, каолинита, хлорита и гидрослюд. В химическом составе закономерно до 54.18 % уменьшается содержание SiO_2 , и возрастает доля Al_2O_3 , K_2O , Fe_3O_4 , NiO_2 и MgO (2.81 % – максимум в городе), из микроэлементов – V. На участке застройки гаражами вдоль бровки балки и склонов, покрытых отходами, наблюдается появление карбонатных частиц, окислов железа, микросферул ферромагнезита, угля, синтетических волокон (т. 20 – 3 % ТЧ). В устьевой части возрастает содержание кварца (78.84 %), в химическом составе повышенное содержание Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O и TiO_2 , из микроэлементов – V, Cr, Ni, Zn и Ba, встречены микросферулы ферромагнезита, частицы угля и краски (2 % ТЧ).

Табл. 1. Содержание частиц разного происхождения, %
[Table 1. Particle content of different origins, %]

Состав [composition]	№ проб [Sample №]																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				
Объект [Site]	I			II			III			IV		V			VI			VII					VIII			
Природные частицы [Natural particles]	99	97	91	99	83	81	84	89	89	88	81	99	97	98	90	98	100	99	98	97	100	99				
в том числе минеральные [including mineral]	74	97	91	99	83	81	84	86	86	83	81	75	97	98	60	98	90	89	98	96	100	99				
в том числе биогенные [including biogenic]	25	–	–	–	–	–	–	3	3	5	–	24	–	–	30	–	10	10	–	1	–	–				
Техногенные частицы [Technogenic particles]	1	3	9	1	17	19	16	11	11	12	19	1	3	2	10	2	–	1	2	3	–	1				

Примечания: «–» – не обнаружены. Объект: I – Второй, II – Первый, III – Мышиный, IV – Елшанка, V – Камышинка, VI – Придорожный, VII – Кирпичный, VIII – Беленский.

[Note: «–» – not detected. Site: I – Vtoroy, II – Pervyi, III – Myshinyi, IV – Elshanka, V – Kamyshinka, VI – Pridorozhnyi, VII – Kirpichnyi, VIII – Belenkiy.]

Овраг Кирпичный. Балка ориентирована с юго-запада на северо-восток, пересекает южную часть города, разделяя крупные жилые массивы. Впадает в Камышинский залив, образуя осложняющий его залив длиной 220 м и шириной до 100 м. Большая часть водосбора расположена на территории древесного питомника (Нижневолжская станция по селекции древесных пород). Балка имеет два крупных отрога, соединяющихся в 900 м до устья. Длина главного правостороннего отрога балки – 3.14 км. В месте слияния отрогов ширина по бровкам достигает 130–140 м, при этом балка сужена насыпями вдоль бортов. Верховые и приусыевая участок балки залесены. В устьевой части ее ширина 120–200 м, трапециевидный поперечный профиль, днище заболочено и поросло тростником. Отобрано семь проб.

В верховьях отрогов, где днища задернованы, поросли древесной растительностью, высока доля биогенных частиц (т. 17 и 18 – по 10 %). В пробах у

крупного гаражного массива вдоль бортов балки встречены частицы угля и асфальта (т. 16 – 2 %), стекла, угля и окислов железа (т. 14 – 2 %). В районе т. 15 днище балки выполнено почвенным материалом с высокой долей биогенных частиц (30 %) и ТЧ, преимущественно угля (10 %). После слияния отрогов в приусыевую части в окружении жилой застройки (т. 13) в наносах обнаружены кирпичная крошка, уголь, магнетит (3 % ТЧ). В устьевом створе высока доля биогенных частиц – остатков высшей водной растительности (24 %), встречены частицы пластика и стекла (1 %).

В составе аллювия отражается характер эрозионных процессов. На большей части водосбора более 100 лет проводятся агролесомелиоративные работы по закреплению подверженных эоловому перевеванию песков и предотвращению глубинной эрозии. В результате активная линейная эрозия отсутствует, днища отрогов балки залесены и выполнены почвенным

Табл. 2. Минеральный состав балочного аллювия, мас. %
 [Table 2. Mineral composition of ravine alluvium, wt. %]

№ проб [Sample №]	Объект [Site]	Содержание, % [Content, %]									
		q	fsp	pl	ca	do	sr	py	kl	cl	h
1		48.62	10.45	10.06	0.83	0.74	—	—	7.66	4.22	17.42
2	Второй [Vtoroy]	93.9	2.33	2.02	0.22	0.1	0.012	0.03	0.28	0.27	0.84
3		66.63	6.53	10.79	4.91	0.41	—	0.17	2.08	1.25	7.22
4	Первый [Pervyi]	92.49	2.71	2.27	1.17	0.2	0.009	—	0.02	0.04	1.1
5		90.67	2.51	2.33	1.16	0.06	0.014	0.01	0.24	0.06	2.96
6	Мышиний [Myshiny]	80.46	6.1	4.02	2.71	0.29	—	—	1.14	0.61	4.69
7		87.72	4.42	2.03	0.5	—	—	0.05	0.75	0.58	3.95
8	Ешанка [Eshanka]	63.83	7.85	10.09	2.71	0.33	—	0.06	2.23	1.21	11.71
9	Камышинка [Kamyshinka]	55.75	10.17	11.85	6.35	0.72	—	0.15	2.77	1.38	10.88
10	Придорожный [Pridorozhny]	68.08	6.9	8.34	1.25	0.02	—	0.03	2.22	1.33	11.83
11		87.59	3.88	3.31	0.75	0.05	—	0.01	0.59	0.31	3.51
12		29.39	8.39	9.16	24.39	0.05	—	—	3.57	3.65	21.41
13		91.17	2.7	2.09	1.22	0.15	—	0.03	0.23	—	2.42
14		70.2	5.68	10.92	2.79	0.14	—	0.15	1.05	1.88	7.2
15	Кирпичный [Kirpichny]	52.12	8.89	11.15	3.77	0.27	—	—	3.71	2.94	17.16
16		85.72	4.66	3.4	0.95	0.01	0.003	—	0.26	0.01	4.98
17		70.57	5.14	4.71	1.91	—	—	0.02	3.46	0.8	13.38
18		59.52	5.77	8.58	0.59	0.06	—	—	4.68	1.7	19.1
19		78.84	7.08	6.54	1.68	0.21	—	—	0.99	0.71	3.97
20	Беленский [Belenkiy]	58.14	8.73	7.99	2.99	—	—	0.09	3.63	1.21	17.22
21		95.68	1.43	0.93	0.2	0.08	0.033	0.01	0.12	0.26	1.26
22		93.19	1.3	2.26	0.26	0.02	0.004	0.12	—	0.36	2.49

Примечание: q – кварц, fsp – кальцевый полевой шпат, pl – плагиоклаз, ca – кальцит, do – доломит, sr – спилерит, py – пирит, kl – каолинит, cl – хлорит, h – гидрослюдя.

[Note: q – quartz, fsp – potassium feldspar, pl – plagioclase, ca – calcite, do – dolomite, sr – siderite, py – pyrite, kl – kaolinite, cl – chlorite, h – hydromica.]

Табл. 3. Химический состав балочного аллювия, мас. %

[Table 3. Chemical composition of ravine alluvium, wt. %]

№ проб [Sample №]	Объект [Site]	%										$n \times 10^3$ %																
		ШШН	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₄	MnO	TiO ₂	S _{твакт}	Cl	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	Pb
1	Второй [Vtoroy]	36.21	4.4	2.13	8.16	35.87	0.67	1.47	2.19	7.54	0.135	0.51	0.42	67.71	33.1	22.38	21.34	3.39	—	31.25	1.4	0.73	11.32	—	—	14.88	75.43	5.72
2	Второй [Vtoroy]	0.1	5.87	1.72	4.99	80.99	0.23	1.36	1.37	2.3	0.092	0.42	0.23	26.49	34.02	22.48	18.14	3.56	—	9.98	5.79	1.93	20.12	28.03	50.44	—	112.35	—
3		5.53	4.24	2.5	12.54	53.38	0.17	2.93	10.66	6.17	0.122	1.09	0.22	16.3	57.18	35.38	21.57	6.8	14.49	14.95	7.08	9.2	40.97	31.03	58.58	8.85	134.59	—
4	Первый [Pervyj]	1.53	4.55	1.48	5.9	72.68	0.21	1.87	7.62	2.73	0.064	0.64	0.38	33.68	40.54	23.58	21.92	5.89	—	12.11	6.58	—	7.83	—	—	6.57	176.16	—
5		2.15	5.38	2.11	5.74	69.98	0.21	2.04	7.09	3.25	0.057	0.69	0.65	38.87	53.89	38.43	16.29	2.56	12.33	19.26	6.76	8	34.36	31.7	59.76	14.41	333.26	—
6	Мышинский [Myshinuy]	3.49	4.91	1.91	8.24	60.51	0.18	3.1	10.51	5.22	0.078	0.9	0.33	33.73	72.48	49.6	26.64	4.84	6.83	18.8	10.57	12.19	53.09	45.81	106.72	2.7	171.33	—
7		1.74	6.84	2.25	7.05	68.41	0.18	3.46	2.65	6.1	0.047	0.33	0.29	28.8	64.14	42.23	22.53	6.39	14.48	18.74	12.87	1.7	7.28	3.03	2.03	4.19	150.8	—
8	Еланка [Elshanka]	10.55	5.04	2.78	10.85	51.46	0.6	2.71	6.77	7.02	0.365	0.67	0.35	62.71	59.06	37.97	23.97	8.33	0.72	20.66	5.38	2.32	17.38	—	—	3.03	131.29	—
9	Камышинка [Kamyshinka]	10.96	4.97	2.61	11.53	47.13	0.1	2.62	10.75	7.13	0.152	1.07	0.39	23.12	59.45	32.11	26.57	8.22	0.82	31.22	2.79	7.45	39.82	13.3	47.44	14.05	140.21	—
10	Пригородный [Pridorozhny]	9.26	3.73	2.56	12.55	54.32	0.22	3.5	4.83	7.27	0.104	1.11	0.2	19	63.14	38.29	24.16	6.61	0.67	14.9	4.59	8.36	12.99	—	2.13	10.87	135.26	—
11		1.71	7.03	2.39	7.79	68.83	0.18	2.81	4.46	3.48	0.05	0.69	0.28	24.58	43.89	35.03	21.79	—	0.62	12.79	—	0.93	8.44	—	5.81	—	130.92	31.28
12		24.23	4.96	2.57	9.11	34.16	0.36	2.37	10.55	9.83	0.289	0.75	0.23	80.99	60.34	28.49	36.58	6.57	0.74	48.63	—	16.45	66.79	26.64	49.25	10.08	119.3	21.32
13		2.08	5.51	1.85	5.19	69.14	0.23	2.35	9.02	3.12	0.053	0.66	0.38	34.55	64.01	43.22	25.46	10.76	—	22.76	8.62	—	16.71	—	9.82	4.3	167.93	—
14		4.89	5.96	2.54	12.32	54.34	0.23	3.08	8.55	6.13	0.124	1.09	0.22	24.43	67.41	38	21.92	8.84	0.68	36.44	8.24	7.8	34.75	29.49	58.14	2.42	169.99	—
15	Кирпичный [Kirpichny]	16.31	4.76	2.42	11.28	45.82	0.38	3.16	5.4	8.78	0.116	0.93	0.17	18.67	66.29	41.44	42.99	11.2	0.7	61.81	—	4.6	16.69	—	—	51.61	128.42	10.42
16		1.6	6.69	2.27	8.18	67.77	0.08	2.53	4.97	3.62	0.079	1.33	0.34	25.94	68.93	31.75	21.93	10.09	—	20.56	13.32	—	3.25	—	24.41	9.93	195.96	—
17		20.3	5.88	2.25	8.41	43.28	0.3	2.65	8.09	6.98	0.124	0.87	0.36	18.59	64.71	35.91	24.08	4.7	0.68	79.74	—	10.71	27.9	16.65	37.96	5.49	137.23	21.41
18		13.93	3.64	2.26	12.3	53.08	0.22	3.39	2.55	6.64	0.121	1.1	0.21	16.21	63.75	32.49	25.92	12.05	0.67	17.4	—	22.64	50.57	53.38	96.24	7.47	151.08	17.32
19		3.38	5.02	2.65	10.71	59.73	0.39	3.35	6.98	5.65	0.114	1.3	0.27	33.7	78.84	47.92	20.18	10.9	0.67	40.66	7.3	1.19	7.75	—	9.14	2.06	184.81	—
20	Беленский [Belenkiy]	5.72	5.47	2.81	12.23	54.18	0.26	3.44	6.09	7.92	0.101	1.17	0.25	18.39	74.77	37.58	21.6	8.16	0.55	13.41	—	4.2	11.33	—	4	4.77	145.91	17.33
21		0.6	6.1	1.79	5.58	79.87	0.19	1.38	1.73	1.34	0.071	0.45	0.37	36.56	38.73	37.39	17.27	4.28	—	2.59	0.41	18.21	48.51	67.56	105.19	19.86	108.27	24.91
22		7.1	4.34	0.82	5.37	76.08	0.1	1.35	1.51	1.8	0.069	0.73	0.33	22.81	58.77	33.22	17.72	4.93	—	3.68	2.45	5.76	18.72	31.81	46.18	0.33	145.13	—

Примечание: «—» ниже предела обнаружения.
[Note: «—» below the detection limit.]

материалом. В пробах 15, 17 и 18 повышенное содержание гидрослюд, каолинита и плагиоклазов; высокие значения ППП и характерных петрохимических показателей. Обращает внимание высокое относительное средних городских значений содержание ряда микроэлементов: т. 18 (земли питомника) – Sr, Y, Zr, Rb (наибольшее в городе); т. 15 (около крупного гаражного массива) – наибольшее в городе содержание Co, Ni, Zn, Nb.

Отмечена активная линейная эрозия в боковом овраге (т. 16), к бровке которого примыкает крупный гаражный массив и на склоны складируются различные отходы. Минеральный состав выделяется высоким содержанием кварца; химический – Na₂O, SiO₂, TiO₂ (наибольшее в городе); повышенное содержание Ni, Ba и наибольшее в городе As.

В т. 14 наблюдается типичный по составу материал задернованной балки.

В т. 13, расположенной ниже плотины через балку, наносы состоят на 91.17 % из кварца (69.14 % SiO₂), т.е. коллектор преодолевают только легкие минеральные частицы кварца и в составе присутствует техногенный материал, используемый при благоустройстве. Со смытом с автодорог связано высокое содержание Cr и Ni.

В заболоченном устье (т. 12), заросшем тростником, минимальная доля кварца (29.39 %) и максимальная – кальцита (24.39 %), гидрослюд (24.41 %) и хлорита (3.65 %). В химическом составе это отражается в минимальной доле SiO₂; повышенной – MgO, CaO, MnO и максимальной – Fe₃O₄. Из микроэлементов повышенено содержание Co, Zn, Rb и максимальное в городе – Sr и Cl. Особенности состава определяются биогенной аккумуляцией химических элементов.

Овраг Придорожный. Расположен на западной окраине города между жилой застройкой и автотрасой, длина – 1.02 км, впадает в Камышинку. В верховье и средней части долина засыпается строительными отходами. Отобрано две пробы – в верховье и в приустьевой части.

В верховье содержание ТЧ 19 %, в основном цемент и кирпичная крошка. В устьевой части доля ТЧ 12 % – частицы стекла, угля, шлака, и 5 % приходится на биогенные частицы. От верховья, где развита глубинная эрозия, к задернованной и поросшей деревьями устьевой части доля кварца уменьшается с 88 до 68 % (SiO₂ с 69 до 54 %) при возрастании КПП, плагиоклаза, каолинита, хлорита и гидрослюд. Отмечено максимальное из всех проб содержание: в верховье – Na₂O и Pb, связанное с размещением отходов на склонах; в устьевой части – Al₂O₃ и K₂O, фиксирующее отсутствие эрозии и развитие почвообразования.

Река Камышинка. Впадает в залив водохранилища, длина – 10 км, водосборная площадь – 102 км². До 15 % площади водосбора поражено овражно-балочной сетью, многократное превышение протяженности которой над длиной русла реки способствует заилиению и зависимости состава аллювия от твердого стока на водосборе. Проба отобрана в русле Камышинки в

500 м от устья.

По сравнению с балочным материалом понижено содержание кварца, что указывает на уменьшение вклада продуктов глубинной эрозии и возрастание роли материала плоскостного смыва с водосбора – повышенная доля КПП, плагиоклазов, каолинита и гидрослюд. С биогенным и техногенным привносом связано повышенное содержание кальцита, доломита и хлорита. Доля ППП около 11 %, повышенное содержание Al₂O₃, MgO, Fe₃O₄, TiO₂, а CaO – максимальная в городской черте. Содержится 11 % техногенных образований, в том числе частицы шлака, стекла, микросферулы ферромагнезита, синтетические волокна. На фоне кварцевого заполнителя присутствует слюда и карбонатные частицы. Источниками техногенного материала служат заводы – слесарно-монтажного инструмента, ферросплавный, бурowego инструмента и кузнеочно-литейный.

Река Елшанка. Впадает в Камышинский залив, длина – 18.8 км, направление течения с севера на юг. Русло замусорено шинами, кирпичами и прочими отходами. Опробование выполнено в 600 м от устья.

В составе аллювия обнаруживается схожесть с балочным материалом в условиях накопления смыываемого с водосбора почвенного материала. За счет биогенных процессов повышенено содержание кальцита, хлорита и доломита, что может быть связано и с техногенным привносом. Превышают 10 % ППП, повышенное содержание MgO, Al₂O₃, P₂O₅, Fe₃O₄, а MnO – самое высокое в городе; из числа микроэлементов повышенное содержание Cl. Доля ТЧ составляет 11 % – шлак, стекло, микросферулы ферромагнезита. Присутствуют слюда, карбонатные частицы, окислы железа. Техногенные источники – ТЭЦ, заводы стеновых материалов и литейно-механический.

Овраг Мышиный. Балка длиной 1.46 км впадает в Камышинский залив. Ширина от 15–20 м в верховье до 40–50 м в средней части. В устьевой части склоны техногенно спланированы, и морфологически выражено лишь русло шириной до 2–3 м, по которому осуществляется сток. Отобрано две пробы – в верховье и в приустьевой части.

В пробе в верховье встречены микросферулы муллита и ферромагнезита, уголь, окислы железа, кирпичная крошка. В устьевой части – синтетические волокна, металлические и алюмосиликатные микросферулы. Специфика состава ТЧ связана с близким расположением хлопчатобумажного комбината, ТЭЦ, машиностроительного завода.

В составе балочного аллювия более 80 % кварца. В засыпаемом строительными отходами верховье повышенное содержание Na₂O и K₂O, из микроэлементов – Cr, Cu и As, что связано с техногенным привносом. В приустьевой части повышенное содержание кальцита и доломита; в химическом составе – K₂O и CaO; микроэлементов – V, As, Sr, Y, Rb, а содержание Zr и Cr самое высокое из всех проб. Повышенное содержание ряда микроэлементов связано с техногенным поступлением от предприятий металлообработки.

Овраг Первый. Расположен в северной части города. Около половины длины балки ныне засыпаны и застроены. В устьевой части балка глубокая, с крутыми склонами, шириной до 100–120 м. Длина в настоящее время 1.3 км, все отвершки засыпаны. Балка заросла и захламлена бытовым мусором. Отобраны две пробы: в верховье и в 170 м от устья.

Обнаруживается четкая специализация балки по характеру накопления техногенных частиц. Вдоль правого борта располагается стеклотарный завод и в пробе обнаружено 17 % техногенных частиц, включая стекло, уголь и шлак. В приустьевой части оврага встречены частицы угля, краски, ферромагнезит. В стекольной промышленности уголь применяется в качестве добавки в шихту, в качестве сырьевых материалов – кварцевый песок, мел, сода, доломит и глинозем.

Минеральный состав проб в верховье и приустьевой части схож: содержание кварца выше 90 %. На фоне закономерно высокой доли в обеих пробах SiO_2 (69.98–72.68 %), в верховье повышенное содержание Си и максимальное из всех проб S и Ва, что связано с поступлением с отходами стекольной промышленности.

Овраг Второй. Глубокая балка длиной 3.13 км расположена на северной окраине города. Тальвег извилистой формы с водотоком в средней и нижней части. Поперечный профиль балки от V-образного верховья к середине приобретает U-образный вид, а в устьевой части трапециевидную форму. В устье образован залив водохранилища длиной 370–400 м при ширине 35–70 м. Взято три пробы: в верховье «сухая» проба; проба в средней части балки отобрана из водотока; устьевая проба расположена в 50 м от устья водотока, где днище балки заболочено и поросло тростником. Различия в составе аллювия связаны с условиями формирования: в верховье на склонах размещены отходы дорожных работ и бытовые со стороны дачных массивов; в средней части присутствует водоток с накоплением типичного балочного материала; в устьевой части развито заболачивание.

По длине балки уменьшается доля ТЧ: от 9 % в верховье до 3 % в средней части и 1 % в устье. В верховье встречены частицы угля, сажи, асфальта. В средней части – частицы краски и шлака. В устье – уголь и кирпичная крошка; биогенные частицы (остатки высшей водной растительности) составляют 25 %.

В верховье доля кварца 66.63 %, содержание кальцита из-за складирования строительных отходов достигает 4.91 %, повышенное содержание плагиоклазов, доломита, максимальное из всех проб содержание пирита (0.17 %); в химическом составе относительно среднегородского повышенено содержание Al_2O_3 , K_2O , CaO и TiO_2 , из микроэлементов – наибольшее из всех проб содержание Си. В средней части балки содержание кварца достигает 93.9 % (80.99 % SiO_2) и состав материала типичен для условий наличия глубинной эрозии. В устье в условиях заболачивания понижено содержание кварца (48.62 %), повышенное – плагиоклазов и гидрослюд, а доля хлорита, каолинита и КПШ максимальная из всех проб; участие биогенного

материала подчеркивает высокая доля ППП, P_2O_5 (максимальное в городе), Fe_3O_4 и S, из микроэлементов – Cl.

Выводы

1. Состав балочного аллювия отражает основные источники поступления осадочного материала. Петрохимический и минеральный составы аллювия в условиях Камышина формируются главным образом под влиянием эрозии палеогеновых отложений и делювиального смыва почв и техногенного материала. Изменение состава и количественного соотношения материала происходит под влиянием комплекса природно-техногенных факторов осадконакопления, модифицируя набор минералов и петрохимических показателей, свойственных эродируемым породам. Важная роль в формировании состава аллювия принадлежит соотношению активности глубинной эрозии и плоскостного смыва.

2. В минеральном и химическом составе балочного аллювия отражаются три основные обстановки его накопления: а) в условиях преобладания глубинной эрозии, которой подвергаются палеоценовые пески и песчаники, состав наносов приближается к размываемым горным породам (содержание кварца превышает 80 %, $\text{SiO}_2 > 60\%$); б) при отсутствии глубинной эрозии и накоплении в тальвеге почвенного материала, поступающего из боковых отвершков и с поверхностным смывом, доля кварца уменьшается до 50–70 % (SiO_2 40–60%), возрастает содержание гидрослюд, каолинита и полевых шпатов; в петрохимическом составе – рост величины потерь при прокаливании и содержания Al_2O_3 ; в) при заболачивании устьевых частей балок ключевую роль играет биогенная аккумуляция химических элементов, с чем связано низкая доля кварца (<50 %) и SiO_2 (<40 %), повышенное содержание кальцита, хлорита и гидрослюд; отмечаются максимальные значения ППП.

3. По характеру распределения ТЧ выделяются два типа балок: а) балки с уничтожаемыми и застраиваемыми верховьями; 2) балки с верховьями, расположеннымными за пределами городской черты. Обнаруживается общая закономерность: в первом случае по длине балки содержание ТЧ убывает, во втором – возрастает. Надежными индикаторами источников поступления техногенного материала служат микросферулы муллита и ферромагнезита (не характерны для горных пород приповерхностной части разреза; их появление связано с привносом в результате аэрогенных выпадений от промышленных предприятий), синтетические волокна, частицы краски и стекла. Частицы угля встречены практически повсеместно, что связано с их массовым поступлением до газификации со стороны объектов топливно-энергетического комплекса и частных потребителей, накоплением в приповерхностном слое почв и поступлением в эрозионную сеть с поверхностью сносом. Кроме того, ныне уголь используется предприятиями Камышина металлургической и стекольной отраслей. В составе аллювия малых рек доля ТЧ достигает 11 %. В составе балочного аллювия

максимальная доля ТЧ (до 17–19 %) характерна для верховьев балок, в течение многих лет засыпаемых разнообразным материалом. В условиях пониженной техногенной нагрузки доля частиц неприродного происхождения составляет до 3 %. В составе техногенного материала встречены шлак, кирпичная крошка, сажа, зола, металлические микросферулы, синтетические волокна, пластик, стекло и пр.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М.: Наука, 1966. 239 с.
- Лихачёва Э. А., Курбатова Л. С., Махорина Е. И. Карта техногенных отложений и техногенноопогребенной гидросети г. Москвы // Геоморфология. 1998. № 1. С. 61–67.
- Закруткин В. Е., Коронкевич Н. И., Шишкова Д. Ю., Долгов С. В. Закономерности антропогенного преобразования малых водосборов степной зоны юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 2004. 252 с.
- Голосов В. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
- Пространственно-временные закономерности развития современных процессов природно-антропогенной эрозии на Русской равнине. Под ред. В. Н. Голосова, О. П. Ермолаева. Казань: Изд-во АН РТ, 2019. 372 с.
- Янин Е. П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М.: APCO, 2018. 415 с.
- Castro M. F., Almeida C. A., Bazán C., Vidal J., Delfini C. D., Villegas L. B. Impact of anthropogenic activities on an urban river through a comprehensive analysis of water and sediments // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2021. Vol. 28. I. 28. P. 37754–37767. DOI: 10.1007/s11356-021-13349-z
- Язиков Е. Г., Таловская А. В., Жорняк Л. В. Минералогия техногенных образований. Томск: Изд-во ТПУ, 2011. 160 с.
- Seleznev A., Ilgasheva E., Yarmoshenko I., Malinovsky G. Coarse Technogenic Material in Urban Surface Deposited Sediments (USDS) // *Atmosphere*. 2021. Vol. 12. No. 6. 754. DOI: 10.3390/atmos12060754
- Sheshnev A. S., Reshetnikov M. V. Mineral composition and seasonal dynamics of the content of heavy metals in bed loads of ravines and small rivers in the city of Kamyshin (Volgograd oblast, Russia) // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2022. Vol. 1010. 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012030
- Зубанова Т. Н., Ершов Г. Е. Особенности моделирования геофильтрации в сложных тектонических условиях на примере Камышинского месторождения пресных подземных вод // *Разведка и охрана недр*. 2010. № 10. С. 59–61.
- Геологическая карта Волгоградской области [Электронный ресурс]. URL: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#7f07d98fcf1fe9f212> (дата обращения: 23.03.2023).
- Цыганков А. В. Методика изучения неотектоники и морфоструктура Нижнего Поволжья (в связи с нефтегазоносностью). Волгоград: Ниж.-Волж. кн. изд-во, 1971. 253 с.
- Брылев В. А., Овчарова А. Ю. Формирование побережья нижней части Волгоградского водохранилища // Геоморфология. 2016. № 2. С. 18–26. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-2-18-26

HYDROGEOLOGY, GEOECOLOGY

UDC: 550.42:552.142:551.311

ISSN 1609-0691

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/1/102-112>

Received: 07.10.2024

Accepted: 20.02.2025

Published online: 31.03.2025

Mineral and chemical composition of the ravine alluvium at the Kamyshin city area (Volgograd region)

©2025 A. S. Sheshnev¹✉, O. A. Gerasimov¹, M. V. Reshetnikov², A. V. Perunov²

¹Saratov State University, 83 Astrakhanskaya St., 410012, Saratov, Russian Federation

²LLC "LUKOIL-Engineering", 19/17 Central'naya St., 628486, Kogalym, Russian Federation

Abstract

Introduction: valleys under the erosive relief conditions makes transit and accumulation functions formed under the natural and technogenic factors. Researching the alluvial formation at the urbanized areas has practical discipline for analysing the flow of the substances. Purpose: researching the material composition of the ravine alluvium at the Kamyshin city area (Volgograd region).

Methodology: in 2022 have been collected 22 samples of the alluvial formations, including 20 samples along the ravines and 2 samples at the mouths of the small rivers. The analysis of the mineral composition has been made on a x-ray diffractometr D8 ENDEAVOR; the analysis of the chemical composition has been made on a X-ray equipment «Spectroscan MAKС-GVM», microscopic researching of samples has been made on a microscope MBS-10.

Results and discussion: in the composition of the ravine alluvium the 3 main situations of the accumulation are reflected. Without deep erosion and soils accumulation in the thalweg which arrived from the lateral tributary valley and also with surface wash, the proportion of quartz decreases to 50–60 % (SiO_2 40–60 %); the composition of the hydro mica, the kaolinite and feldspar are increased. Increasing loss of ignition and Al_2O_3 in the petrochemical composition. When there are no deep crossing and accumulation soil from the lateral tributary valley and form the surface wash in the thalweg next process carry: increasing the composition of the hydro mica, the kaolinite and feldspar, increasing loss of the ignition and content of Al_2O_3 in the petrochemical composition. When there is no bogging up of the mouth ravine, the biogenic accumulation of the chemical elements plays the main role in the decreasing the proportion of quartz (>50 %) and SiO_2 (<40 %), increasing of the colo-spar, chlorate and hydro mica; the loss of the ignition is at maximum value. Increased content of several micro elements is connected with technogenic addition and specificity of the sources of this addition. In the composition of the technogenic material contains particles of the slag, broken bricks, coal smut, ash, metallic microspherol, synthetic fiber, plastic, glass.

Conclusion: The composition of the ravine alluvium in the cities is the result of the erosive and accumulative processes at the water collection area which reflect geological and geomorphological circumstances and technogenic flows of the substances of different sources. Analysis of the ravine alluvium has practical discipline for the geoecological zoning of the city area, the control of the contains of water that has been brought to the receiving basin and making the nature preserving decisions.

Keywords: ravine alluvium, composition of the rocks, Kamyshin.

For citation: Sheshnev A. S., Gerasimov O. A., Reshetnikov M. V., Perunov A. V. Mineral and chemical composition of the ravine alluvium at the Kamyshin city area (Volgograd region) // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology, 2025, no. 1, pp. 102–112. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/1/102-112>

Conflict of interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Aleksandr S. Sheshnev, e-mail: sheshnev@inbox.ru

REFERENCES

1. Shantzer E. V. *Ocherki uchenija o geneticheskikh tipah kontinental'nyh osadochnyh obrazovanij* [Principles of the studies of genetic types of continental sedimentary formations]. Moscow, Nauka publ., 1966, 239 p. (In Russ.)
2. Likhacheva E. A., Kurbatova L. S., Makhorina E. I. Karta tehnogenennyh otlozhenij i tehnogennopogrebennoj gidroseti g. Moskvy [Map of technogenic deposits and technogenic-buried network of Moscow territory]. *Geomorfologiya – Geomorphology*, 1998, no. 1, pp. 61–68 (In Russ.)
3. Zakrutkin V. E., Koronkevich N. I., Shishkina D.J u., Dolgov S. V. *Zakonomernosti antropogennego preobrazovaniya malykh vodosborov stepnoi zony Yuga Rossii* [The patterns of anthropogenic transformation of small steppe zone catchments of the south of Russia]. Rostov-on-Don: Rostov University publ., 2004. 252 p. (In Russ.)
4. Golosov V. N. *Erozionno-akkumulyativnye protsessy v rechnykh basseinakh osvoennykh ravnin* [Erosion-accumulative processes in river basins of developed plains]. Moscow, GEOS publ., 2006. 296 p. (In Russ.)
5. *Prostranstvenno-vremennye zakonomernosti razvitiya sovremennyykh protsessov prirodno-anthropogennoi erozii na Russkoj ravnine* [Spatio-temporal patterns of development of modern processes of natural and anthropogenic erosion on the Russian plain] Eds. Golosov V. N., Ermolaev O. P. Kazan: AN RT publ., 2019. 372 p. (In Russ.)
6. Yanin E. P. *Tekhnogennye rechnye ily (usloviya formirovaniya, veshchestvennyj sostav, geochemicalske osobennosti)* [Technogenic river silts (formation conditions, material composition, geochemical features)]. Moscow, ARSO publ., 2018, 415 p. (In Russ.)
7. Castro M. F., Almeida C. A., Bazán C., Vidal J., Delfini C. D., Villegas L. B. Impact of anthropogenic activities on an urban river through a comprehensive analysis of water and sediments. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 2021, vol. 28, i 28, pp. 37754–37767. DOI: 10.1007/s11356-021-13349-z
8. Yazikov E. G., Talovskaya A. V., Zhornjak L. V. *Mineralogiya tekhnogenennykh obrazovany* [Mineralogy of technogenic formations]. Tomsk, TPU publ., 2011, 160 p. (In Russ.)
9. Seleznev A., Ilgasheva E., Yarmoshenko I., Malinovsky G. Coarse Technogenic Material in Urban Surface Deposited Sediments (USDS). *Atmosphere*, 2021, vol. 12, no. 6, 754. DOI: 10.3390/atmos12060754
10. Sheshnev A. S., Reshetnikov M. V. Mineral composition and seasonal dynamics of the content of heavy metals in bed loads of ravines and small rivers in the city of Kamyshin (Volgograd oblast, Russia). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2022, vol. 1010, 012030. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012030
11. Zubanova T. N., Yershov G. Ye. Osobennosti modelirovaniya geofil'tracii v slozhnyh tektonicheskikh uslovijah na primere Kamyshinskogo mestorozhdenija presnyh podzemnyh vod [Specifics of geological filtration modeling in complicated tectonic conditions by an example of the Kamyshin fresh ground water basin]. *Razvedka i Okhrana Nedor – Subsoil Exploration and Protection*, 2010, no. 10, pp. 59–61 (In Russ.)
12. Geologicheskaya karta Volgogradskoi oblasti [Geological map of the Volgograd region]. Available at: <http://atlaspacket.vsegei.ru/#f07d98fcf1fe9f212> (accessed 23.03.2023) (In Russ.)
13. Tsygankov A. V. *Metodika izuchenija neotektoniki i morfostrukturna Nizhnego Povolzh'ya (v svyazi s neftegazonosnost'yu)* [Methodology for studying neotectonics and morphostructure of the Lower Volga region (in connection with oil and gas potential)]. Volgograd, Nizhne-Volzhskoe publ., 1971. 253 p. (In Russ.)
14. Brylev V. A., Ovcharova A.Y u. Formirovanie poberezh'ja nizhnej chasti Volgogradskogo vodohranilishha [Development of the Volgograd reservoir lower part coastline]. *Geomorfologiya – Geomorphology*, 2016, no. 2, pp. 18–26 (In Russ.) DOI: 10.15356/0435-4281-2016-2-18-26

Шешнёв Александр Сергеевич, к.г.н., доцент, Саратовский государственный университет, Саратов, Российская Федерация; e-mail: sheshnev@inbox.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>

Герасимов Олег Александрович, инженер, Саратовский государственный университет, Саратов, Российская Федерация; e-mail: gerasimov_oa@bk.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3837-6938>

Решетников Михаил Владимирович, к.г.н., начальник отдела, Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми, Когалым, Российская Федерация; e-mail: Mikhail.Reshetnikov@lukoil.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>

Перунов Андрей Витальевич, инженер, Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть» в г. Перми, Когалым, Российская Федерация; e-mail: Andrey.Perunov@lukoil.com;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6452-6204>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Aleksandr S. Sheshnev, PhD in Geog., Associate Professor, Saratov State University, Saratov, Russian Federation; e-mail: sheshnev@inbox.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3566-8652>

Oleg A. Gerasimov, Engineer, Saratov State University, Saratov, Russian Federation; e-mail: gerasimov_oa@bk.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3837-6938>

Mikhail V. Reshetnikov, PhD in Geog., Head of Department, PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC in Perm, Kogalym, Russian Federation; e-mail: Mikhail.Reshetnikov@lukoil.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8298-029X>

Andrei V. Perunov, Engineer, PermNIPIneft Branch of LU-KOIL-Engineering LLC in Perm, Kogalym, Russian Federation; e-mail: Andrey.Perunov@lukoil.com;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6452-6204>

All authors have read and approved the final manuscript.