

А. Сатаева^{1,2,3} , А. Камал² , А. Байменов¹ ,
Д. Ким² , Е. Архангельски² , К.Т. Тастамбек^{3,4} ,
Ж.Т. Тауанов^{1,3,4*} , Н.Ш. Акимбеков^{3,4} 

¹Лаборатория Инженерного Профиля, КазННТУ им. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

²Кафедра строительной и экологической инженерии, Школа инженерии
и цифровых наук, Назарбаев Университет, г. Астана, Казахстан

³НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

⁴Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан

*e-mail: aliya.satayeva@nu.edu.kz; tauanov.zhandos@kaznu.kz

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МИКРОНАНОПЛАСТИКОМ СТОЧНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАЗАХСТАНА

В данном исследовании представлен аналитический обзор проблемы загрязнения микро/нанопластиком сточных и поверхностных вод Республики Казахстан. Изучение опубликованных научных работ показало, что анализ микро- и нанопластиков (МНП) в окружающей среде является важнейшей задачей из-за их повсеместного присутствия в естественной среде обитания, что вызывает опасения из-за их прямого токсикологического воздействия и их потенциального свойства переносить опасные загрязнители и патогены, тем самым создавая риски для здоровья человека и целостность экосистемы. МНП был обнаружен как при очистке питьевой воды, так и в сточных и поверхностных водах в различных областях Казахстана. Согласно изученным данным, выявлена сезонная динамика концентрации микропластика в воде и донных отложениях, а также в сточных водах г. Астана. При этом установлено, что преобладающими видами МНП в поверхностных водах являются волокна, пленки и гранулы, а в сточных полиэтилен.

В целом, анализ современного состояния окружающей среды Казахстана на загрязнение микро/нанопластиком свидетельствуют о том, что загрязнение существует и заслуживает пристального внимания со стороны ученых и служб экоконтроля. При этом, главной трудностью при анализе возможных рисков микро- и нанопластика для здоровья человека является нехватка данных, недостаточное изучение воздействия на живые организмы, их устойчивость к разложению в природе, передача на более высокие уровни пищевой цепи.

Ключевые слова: микро/нанопластик, пластик, сточные воды, поверхностные воды.

A. Satayeva^{1,2,3*}, A. Kamal², A. Baimenov¹, J. Kim², Y. Arkhangelsky²,
K.T. Tastambek^{3,4}, Z.T. Tauanov^{1,3,4*}, N.S. Akimbekov^{3,4}

¹Laboratory of Engineering Profile, KazNRTU named after Satpayev, Almaty, Kazakhstan

²School of Engineering and Digital Sciences, Department of civil

and environmental engineering Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

³SRI «Sustainability of ecology and bioresources», KazNU named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

⁴Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh Turkish University, Turkestan, Kazakhstan

*e-mail: aliya.satayeva@nu.edu.kz; tauanov.zhandos@gmail.com

Brief overview of the micro-nanoplastic pollution problem in wastewater and surface waters of Kazakhstan

This study presents an analytical review of the micro/nanoplastic pollution problem in the wastewater and surface waters of the Republic of Kazakhstan. The review of published scientific works shows that analyzing micro- and nanoplastics (MNP) in the task due to their ubiquitous presence in natural habitats. This raises concerns because of their direct toxicological impact and their potential to carry hazardous pollutants and pathogens, thereby posing risks to human health and ecosystem integrity. MNPs have been detected in drinking water treatment processes, as well as in wastewater and surface waters in various regions of Kazakhstan. According to the studied data, there is a seasonal dynamic in the concentration of microplastics in water and bottom sediments, as well as in the wastewater of Astana city. It has been established that the predominant types of MNPs in surface waters are fibers, films, and granules, while polyethylene is prevalent in wastewater.

Overall, the analysis of the current state of Kazakhstan's environment in terms of micro/nanoplastic pollution indicates that such pollution exists and warrants close attention from scientists and environmental monitoring services. At the same time, the main difficulty in analyzing the possible risks of micro- and nanoplastics for human health is the lack of data, insufficient study of the effects on living organisms, their resistance to degradation in nature and transfer to higher levels of the food chain.

Key words: micro/nanoplastic, plastic, wastewater, surface waters.

А. Сатаева^{1,2,3}, А. Камал², А. Байменов¹, Д. Ким², Е. Архангельски²,
Қ.Т. Тастамбек^{3,4}, Ж.Т. Тауанов^{1,3,4*}, Н.Ш. Акимбеков^{3,4}

¹Инженерлік бейінді лаборатория, Сәтпаев атындағы ҚазҰЗТУ, Алматы қ., Қазақстан

²Инженерлік және саңдық ғылымдар мектебі, құрылыс және экологиялық инженерия кафедрасы,
Назарбаев Университеті, Астана қ., Қазақстан

³«Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

⁴Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан

*e-mail: aliya.satayeva@nu.edu.kz; tauanov.zhandos@gmail.com

Қазақстанның ағын сулары мен беткей суларының микро-нанопластикпен ластануы мәселесінің қысқаша шолуы

Бұл зерттеуде Қазақстан Республикасының ағын сулары мен беткей суларының микро/нанопластикпен ластану мәселесі туралы аналитикалық шолу ұсынылған. Жарияланған ғылыми жұмыстарды зерттеу нәтижелері бойынша, қоршаған ортадағы микро- және нанопластиктердің (МНП) анализі олардың табиғи ортада кеңінен таралғандықтан маңызды мәселе болып табылады, себебі олардың тікелей токсикологиялық әсері мен қауіпті ластанушылар мен патогендерді тасымалдау қасиеттері адамның денсаулығына және экожүйенің тұтастығына қауіп төндіреді. МНП ауыз суды тазарту кезінде, сондай-ақ ағын және беткей суларында Қазақстанның әртүрлі аймақтарында анықталды. Зерттелген деректерге сәйкес, Астана қаласының суында және түпкі тұнбаларында микропластиктің концентрациясының маусымдық динамикасы анықталды. Сонымен қатар, беткей суларында микро/нанопластиктердің басым түрлері талшықтар, пленкалар және түйіршіктер, ал ағын суларында полиэтилен болып табылады.

Жалпы, Қазақстанның қазіргі кездегі қоршаған ортаның микро/нанопластикпен ластану жағдайын талдау бұл ластанудың бар екенін және ғалымдар мен экологиялық бақылау қызметтерінің назарын қажет ететіндігін көрсетеді. Сонымен қатар, микро және нанопластиканың адам денсаулығына ықтимал қауіптерін талдаудағы басты қиындық-деректердің жетіспеушілігі, тірі организмдерге әсерін жеткіліксіз зерттеу, олардың табиғатта ыдырауға төзімділігі және қоректік тізбектің жоғары деңгейіне берілуі.

Түйін сөздер: микро/нанопластик, пластик, ағын сулары, беткей сулары.

Введение

Загрязнение окружающей среды пластиком является результатом деятельности человека. Согласно статистическим данным, с 50-х годов прошлого века в мире произведено около 9 млрд. т пластика, при этом переработано лишь 20%, а остальное остается в природной среде [1,2], что является причиной экономических, социальных и экологических проблем [3, 4].

Одним из путей поступления микропластика в поверхностные водоемы являются источники производственной деятельности, также сточные воды [5]. Сегодня загрязнение микропластиком водных ресурсов является наиболее актуальной проблемой из-за угрозы для водных организмов, а также потенциальных рисков здоровью человека [6,7]. Термин «микропластик» (МП) впервые появился в 2004 году в статье “Lost at Sea: Where Is All the Plastic?” [8]. По мнению авторов, ми-

кропластик первоначально представляет собой пластиковый мусор, который со временем разлагается на какие-то мелкие части. Хотя история первых сообщений об обнаружении микрочастиц пластика в планктоне началась с 70-х годов прошлого века [9], эти сообщения не сразу заинтересовали ученых. Микро/нанопластик (МНП) содержит частицы меньше 0,5 мм и появляется вследствие разрушения и распада пластиковых отходов, в первую очередь аккумулируясь в воде [10 – 16].

В настоящее время мировое производство пластика составляет почти 300 миллионов тонн в год [17] и 10% этого пластика поступает в океан [8]. В водной среде [2, 13] возникают экологические риски, связанные с биодоступностью МНП для водных организмов, особенно населяющих поверхностные воды [10-12]. Кроме этого, частицы пластика являются адсорбентами гидрофобных стойких органических загрязнителей,

присутствующих в воде [18] и выщелачивают потенциально токсичные пластиковые добавки, известные как «пластификаторы» [18,19].

В Докладе ВОЗ [20] представлены более 50 исследований, в которых приведены результаты исследований обнаружения микропластика в пресных водоемах, питьевой воде и сточных водах. В докладе акцент уделяется потенциальному воздействию МНП на окружающую среду (физический, химический и биопленки), при этом объем объективных данных чрезвычайно ограничен. Однако мало что известно о микропластическом профиле отдаленных пресноводных экосистем [21,22] и экологическая ситуация этих объектов недостаточно изучена. Считается, что пресноводные экосистемы больше страдают от воздействия МНП, чем океан и прибрежные районы [23 – 26]. В работах [26 – 30] авторами показано, что наночастицы пластика проникают даже через клеточные мембраны и распространяются по тканям. Выявлено, что МНП имеет различную форму частиц, при этом “игольчатая” форма быстрее распространяется по организму [26], нарушая гемато-энцефалический и плацентарный барьеры в организме [29].

Многие города характеризуются высокой плотностью растущего населения и развитой инфраструктурой. Это приводит к возрастанию антропогенной нагрузки на источники поверхностной воды [31]. В связи с этими проблемами необходимо проведение экологического мониторинга вод по различным параметрам, включая и пластиковое загрязнение. Однако, по мнению экспертов ВОЗ [20], большая часть исследований в мире по проблеме МНП, не удовлетворяют установленным критериям качества.

Цель работы исследование проблемы загрязнения микро/нанопластиком водных ресурсов Казахстана, в частности сточных и поверхностных вод. В данной работе авторами сделана попытка представить обобщенный материал существующих исследований проблемы загрязнения микро/нанопластиком водных ресурсов Республики Казахстан. Изучить уровни концентрации, форму и размеры частиц микро/нанопластика, а также особенности его распространения.

Материалы и методы

Материалом послужили научные работы, опубликованные казахстанскими и зарубежными учеными. К сожалению, количество опубликованных отечественных работ малочисленно, однако все они были изучены и представлены в

данной работе. Терминология поиска включала микро/нанопластик, поверхностные водоемы, бытовые отходы, сточные воды, водная биота, риски здоровью человека.

Результаты и обсуждение

Хотя история публикаций о загрязнении пластиком окружающей среды Казахстана малочисленна, она включает результаты исследований микропластика в воде, в донных отложениях, сточных водах и свалок ТБО. Однако не все пути поступления микропластика в окружающую среду изучены и как следствие нет публикаций о загрязнении других сред жизни и биоты.

Термин «Микропластик» (МП) включает совокупность частиц разного размера, формы, цвета, удельной плотности, химического состава [33 – 36].

В отдельных странах загрязнение окружающей среды МП вызывает большую тревогу. Например, в Северной Америке загрязнение только земель сельскохозяйственного назначения составляет от 44 до 300 тыс. т, в Европе от 63 до 430 тыс. т., по странам СНГ составляет 570 тысяч т. [37]. Имеются данные по выявлению МП в пресноводных водоемах Америки, Европы, Африки, отдельных стран Азии, России [38 – 43], но систематические публикации по данной проблеме в Казахстане отсутствуют. Имеются публикации о загрязнении МП окружающей среды РК, в которых приведены результаты исследования разовых проб из западного побережья Каспийского моря и изучению влияния свалок ТБО в Северном Казахстане на загрязнение пластиком. В 2016 году прикаспийские страны произвели 425 кило тонн отходов пластика и к 2030 году производство увеличится на 15% [44], при этом масса МП в образцах Каспийского моря составила от 5 до 200 мг/л [45, 46]. По данным казахстанских экспертов [47], отсутствие системы мониторинга за пластиковым мусором в Каспийском море является одной из ключевых проблем в Казахстане.

По данным ЮНИСЕФ [48], обзор результативности экологической деятельности Казахстана показывает, что загрязнение рек и грунтовых вод микропластиком происходит из-за ненадлежащего управления муниципальными сточными водами, хотя с 2008 года в республике Казахстан проводится серьезная работа в плане развития и расширения системы мониторинга водных ресурсов, однако систематическое исследование загрязнения микропластиком не проводится.

Неизвестно, сколько МНП содержится в поверхностных водах водохранилищ, которые используются как источники питьевой воды в городах Казахстана. Кроме этого, имеется проблема накопления пластика в составе ТБО, приводящая к вымыванию токсичных веществ на полигонах ТБО и свалках в окружающую среду [49, 50]. Ранее казахстанскими учеными были проведены исследования по изучению загрязнения МП свалками ТБО, где было выявлено, что размер частиц МП варьировал от 5 мм до 50 мм. При этом максимальная доля микропластика (50%) приходилась на МП с размером частиц от 5–10 мм [50, 51]. Проблемы, связанные с управлением и переработкой твердых бытовых отходов, особенно пластиковых, остаются критическими и нерешенными проблемами в современном Казахстане [52]. К сожалению, существующей литературе по этому вопросу уделяется мало внимания [53].

Многие ученые [5, 54–59] показали, что донные отложения имеют самые высокие концентрации МНП. За ними следуют образцы придонной воды, имеющие на несколько порядков меньшие концентрации; а самые низкие значения характеризуют толщу воды — еще на несколько порядков меньше. В то же время большинство исследований по МНП концентрируются на изучении их изобилия, однако вопросы биологических и химических последствий изучены слабо [60–61].

Более того, в РК не изучались концентрации МНП в бутилированной воде [62]. В мире имеются публикации ученых, где было выявлено, что образцы бутилированной воды могут содержать до 325 частиц МНП на литр и размером от 6,5 до 100 мкм [63]. Авторы исследования микро/нанопластика в питьевой бутилированной воде [64] выяснили, что количество нанопластика превышало количество обычного микропластика в 100–1000 раз, токсичность которого активно изучают в последние годы.

Было установлено, что загрязнение нанопластиком происходит также не только при производстве воды и ее хранении, а также при ее очистке из пластиковых фильтров или иного оборудования. Например, наночастицы полипропилена, полистирола и полиамида [64].

Кроме этого, установлено, что при нагревании бутилированной воды более 30°C в пластиковой таре, из пластика начинает выделяться Бисфенол А [65]. Бисфенол А является канцерогеном и может вызывать различные заболевания. В частности, бисфенол А из-за структурной

схожести с женским половым гормоном — эстрогеном оказывает негативное влияние на мозг и репродуктивную систему, а также служит причиной ряда онкологических заболеваний, а также аутизма, угнетения эндокринной системы, задержки развития мозга, сердечно-сосудистых заболеваний и диабета [66]. Согласно данным отчетности рынка питьевой воды в Республике Казахстан [67] в стране производится 0,8 млрд литров бутилированной воды. При производстве питьевая вода проходит оценку соответствия качеству питьевой воды по 80 показателям, однако содержание Бисфенола А не определяется [67, 68].

Н.Саликова и др. представили результаты проведения мониторинга микропластика в трех озерах и одной реке Акмолинской области в Казахстане [50, 51]. Авторами изучены концентрации микропластика в воде и донных отложениях отдельных участков реки Ишим, озер Копа, Зерендинское и Боровое. Авторами установлены сезонные концентрации микропластика в водных объектах, при этом концентрации микропластика составили от $1,2 \times 10^{-1}$ частиц/л весной и до $4,5 \times 10^{-1}$ частиц/л осенью соответственно. В озерах регистрировались более высокие концентрации по сравнению с рекой Ишим. В донных отложениях были обнаружены микропластические волокна, фрагменты и пленки, а также гранулы. Более крупные частицы (>500 мкм) были обнаружены в пляжных отложениях, составляя в среднем 40,5% от общего количества обнаруженного пластика. По мнению авторов, полученные результаты дают представление о пространственном и временном распределении микропластика. При этом авторы подчеркивают необходимость постоянного мониторинга и разработки стратегий управления для решения данной экологической проблемы.

Также Саликова Н.С. и др. [69] при исследовании процессов очистки воды выявили, что эффективность удаления микропластика существенно снижается при очистке воды от его частиц с размером от 10 до 20 мкм. Авторы поддерживают мнение других авторов [8], которые считают, что последовательное совмещение коагуляции и песчаной фильтрации может полностью удалить микропластик размером более 45 мкм. Саликова Н.С. и др. [69] считают, что при соблюдении режимов технологического процесса водоподготовки питьевой воды и в Казахстане можно задерживать частицы микропластика размером более 45 мкм.

Мадибеков А. и др. [70] изучали присутствие и концентрации МНП в озере Маркаколь. Озеро Маркаколь находится в Восточно-казахстанской области, в Маркакольской котловине, окруженной хребтами Курчумский и Азутау и является одним из уникальных водоемов Казахстана. С 4 августа 1976 года озеро и прилегающие к ней территории являются заповедником. При этом результаты проведенных авторами исследований акватории озера и его притоков показали, что суммарная концентрация выявленного микро- и макропластика, поступающего с притоками, составила – 150 мкг/м³, в акватории озера более 800 мкг/м³. Проведенные исследования показали, что распространение МНП в воде притоков рек и озера варьировали от глубины и других факторов.

Жаксылыкова Д. и др. [52] первые исследовали присутствие МП и его удаление на городских очистных сооружениях в г. Астана в период 2023 года. Авторами были выявлены различные концентрации разноразмерных частиц микропластика на всех стадиях обработки сточных вод и оценена эффективность их удаления. Установлено, что в стоках очистных сооружений наблюдались низкие концентрации МП. При этом среди обнаруженных частиц пластика были фрагменты микропластика и полиэтилен. Авторами указано, что полиэтилен является наиболее распространенным типом пластика и составляет более 30%. Кроме этого, также наблюдается сезонность распространения МП, при этом его концентрации достигают максимума летом и минимальны зимой.

Также исследования проведены по изучению микропластика в российской части реки Обь, притоком которой является река Ишим. Сравнительная оценка загрязнения микропластиком рек Обь и Ишим показала меньшую загрязненность реки Ишим в сравнении с р. Обь [71 – 73]. В пищеварительном тракте отдельных видов рыб, обитающих в реке Томь было выявлено присутствие значительного количества микрочастиц пластика [74].

Фанг и др [75] выявили нарушение репродуктивного и пищевого поведения у представителей веслоногих ракообразных и рыб, связанное с влиянием микропластика на их организм. В связи с этим, авторы рассматривают биоаккумуляцию микропластика в водной среде как потенциальную угрозу организмам более высоких трофических уровней и даже человеку. Например, уже обнаружены частицы микропластика в крови [76] и в тканях легких человека [77].

В настоящее время каких-либо публикаций о воздействии микропластика на живые организмы в Казахстане нет. К сожалению, подтверждения факта, что пластик является конкретной причиной, вызывающей те или иные клинические формы заболеваний или иные виды нарушения здоровья человека пока не получено. Поэтому в настоящее время в мире нет установленного нормативного ПДК для пластика.

Обсуждение

Изучение ситуации загрязнения микро/нано-пластиком водных ресурсов Республики Казахстан показало, что наблюдается загрязнение как сточных вод, так и поверхностных водоемов, в том числе и заповедных. Исходя из опубликованных данных, размеры пластикового мусора, обнаруженного в поверхностных водоемах, варьируются от крупного мезомусора до микро/нано-пластика. В сточных и поверхностных водах, а также в донных отложениях выявлено загрязнение микропластиком, при этом наблюдается сезонность его распространения. По мнению ученых, загрязнение водных ресурсов микро/пластиком обусловлено использованием огромного количества материалов из пластика, ненадлежащей переработкой отходов из пластика в городах и других населенных пунктах, замусориванием берегов.

Главной проблемой является антропогенный фактор, что приводит к пониманию актуальности данной проблемы и проведения мониторинга микро/нано-пластика для определения степени загрязнения и в дальнейшем принятия мер по его снижению.

Заключение

Исходя из опубликованных данных, основной проблемой для оценки потенциальных рисков микро/нано-пластика на здоровье человека являются ограниченные данные, слабая изученность воздействия на организмы, устойчивость к разложению в окружающей среде, дальнейшая передача на более высокие трофические уровни и выделение Бисфенол А в воду.

Система управления водными ресурсами направлена на сохранение их в мировой экосистеме, улучшение их качества, безопасности для водной биоты и здоровья человека, и в итоге бережное отношение к ним человеческого общества [49].

Всё это приводит к пониманию необходимости регулярного контроля за содержанием МНП в водных объектах окружающей среды, и в последующем, обеспечения очистки сточных и питьевых вод от МП и развития системы соответствующих законодательных и нормативных актов с учетом местных обстоятельств [59]. Проведение регулярного мониторинга МНП в водных объектах РК направлено на решение приоритетов Казахстанской политики, включая

Государственную программу Республики Казахстан «Питьевая вода» на 2001–2030 годы [64].

Благодарность, конфликт интересов

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант ИРН AP23489493 и BR24992814). Мы заявляем об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Plastics Europe. Plastics – the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels: Plastics Europe. 2021. URL: <https://plasticseurope.org>.
2. Geyer, R., Jambeck J.R., Law K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3, e1700782 DOI: 10.1126/sciadv.1700782
3. Sharma, S. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review / S. Sharma, S. Chatterjee // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2017. – Vol. 24. – Iss. 27. – P. 21530–21547. doi: 10.1007/s11356-017-9910-8
4. P. Kershaw, C. Rochman. Sources, Fate And Effects Of Microplastics In The Marine Environment: Part 2 Of A Global Assessment. 2015. - 221 p.
5. Zhao X, Chen H, Jia QL, Shen CS, Zhu Y, Li L, Nie YH, Ye JF (2020) Pollution status and pollution behavior of microplastic in surface water and sediment of urban rivers. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue* 41(8):3612–3620. <https://doi.org/10.13227/j.hjxx.201912236>
6. Li C, Busquets R., Campos L.C. (2020). Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. *Science of Total Environment* 707:135578 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135578
7. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // *Science*. 1972. Vol. 175. pp. 1240-1241
8. Thompson, R. C.; Olsen, Y.; Mitchell, R. P.; Davis, A.; Rowland, S. J.; John, A. W. G.; McGonigle, D.; Russell, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? *Science* 2004, 304, 838
9. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // *Science*. 1972. Vol. 175. pp. 1240-1241
10. Mateos-Cárdenas A, O'Halloran J., van Pelt F.N.A.M., Jansen M.A.K. (2020). Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod *Gammarus duebeni* (Lillj.) *Scientific Reports* 10:12799 DOI: 10.1038/s41598-020-69635-2
11. Environmental and Health Risks of Microplastic Pollution. 2019. EC, Luxembourg;
12. Meijer L.J. J., van Emmerik T., van der Ent R., Schmidt C., Lebreton L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Sci. Adv.* 7, eaaz5803 DOI: 10.1126/sciadv.aaz5803
13. Amanda R. McCormick, Timothy J. Hoellein, Maxwell G. London, Joshua Hittie, John W. Scott, John J. Kelly. Microplastic in surface waters of urban rivers: concentration, sources, and associated bacterial assemblages. *Ecosphere*. – Volume 7, Issue 11. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1556>
14. Jean-Pierre W. Desforges, Moira Galbraith, Peter S. Ross. Ingestion of Microplastics by Zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Arch Environ Contam Toxicol.* - 2015.- 69:320–330. doi 10.1007/s00244-015-0172-5
15. Chidi Egbeocha, S Malek, Chijioko Emenike, Pozi Milow. Feasting on microplastics: Ingestion by and effects on marine organisms. *Aquatic Biology* 27:93-106.-2018. doi:10.3354/ab00701
16. Saskia Rehse-Becker, Werner Kloas, Christiane Zarfl. Microplastics Reduce Short-Term Effects of Environmental Contaminants. Part I: Effects of Bisphenol A on Freshwater Zooplankton Are Lower in Presence of Polyamide Particles. *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)* 15(2):280. -2018. doi:10.3390/ijerph15020280
17. Emma L Teuten, Steven J Rowland, Tamara S Galloway, Richard C Thompson. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. *Environ Sci Technol.* – 41(22):7759-64.. -2007. doi: 10.1021/es071737s
18. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2016.4501>
19. <https://www.fao.org/3/i7677e/i7677e.pdf>
20. Доклад ВОЗ <https://www.who.int/ru/news/item/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>
21. Braga Moruzzi R, Speranza L.G., da Conceição F.T., de Souza Martins S.T., Busquets R., Campos L.C. (2020). Stormwater Detention Reservoirs: An Opportunity for Monitoring and a Potential Site to Prevent the Spread of Urban Microplastics. *Water* 2020, 12, 1994; doi:10.3390/w12071994
22. Genevieve D'Avignon, Irene Gregory-Eaves, Anthony Ricciardi. Microplastics in lakes and rivers: an issue of emerging significance to limnology. *Environmental Reviews*, 2021. <https://doi.org/10.1139/er-2021-004>;
23. Dafne Eerkes-Medrano, Richard C. Thompson, David C. Aldridge. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water Research*, Volume 75, 15 May 2015, Pages 63-82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>;

24. H.S. Auta, C.U Emenike, S.H Fauziah. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, Volume 102, May 2017, Pages 165-176; <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
25. H.S. Auta, C.U Emenike, S.H Fauziah. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International*, Volume 102, May 2017, Pages 165-176; <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
26. Кизеев А.Н., Сюрин С.А. Микропластик в морских и пресных водоемах России: источники, распределение, биоугрозы. Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение : материалы междунар. науч.-практич. конференции, посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ, Минск, 9–11 ноября 2022 г. / БГУ, Фак. географии и геоинформатики ; [редкол.: Д. С. Воробьев (отв. ред.) и др.]. – Минск : БГУ, 2022. – С. 95-98.
27. X.-D. Sun et al., Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Nanotechnol.* 15, 755–760 (2020).
28. D. M. Mitrano et al., Synthesis of metal-doped nanoplastics and their utility to investigate fate and behaviour in complex environmental systems. *Nat. Nanotechnol.* 14, 362–368 (2019).
29. S. B. Fournier et al., Nanopolystyrene translocation and fetal deposition after acute lung exposure during late-stage pregnancy. *Particle Fibre Toxicol.* 17, 1–11 (2020).
30. D. M. Mitrano, P. Wick, B. Nowack, Placing nanoplastics in the context of global plastic pollution. *Nat. Nanotechnol.* 16, 491–500 (2021)],
31. Бургхард С. Мейер, Лиан Ланди, Ануарбек Какабаев. Интегрированное управление водными ресурсами в Казахстане. Коллективная монография/ /TEMPUS IV. Изд.: «Мир печати». Кокшетау, 2015.<https://www.researchgate.net/publication/313241195>
32. Кузина, Л. В. Загрязнение мирового океана бытовым мусором / Л. В. Кузина, В. И. Тевризова // Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века : материалы 18-й Междунар. науч. конф.– Минск, 2018. – Ч. 1. – С. 61–63. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>.
33. Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks / M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, R. Thompson // *Environmental Science & Technology*. – 2011. – Vol. 45. – Iss. 21. – P. 9175–9179. doi: 10.1021/es201811s
34. Wang J, Li J., Liu S., Li H., Chen X., Peng C., Zhang P., Liu X. (2021). Distinct microplastic distributions in soils of different land-use types: A case study of Chinese farmlands. *Environmental Pollution* 269:116199 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116199>
35. Malankowska M., Echaide-Gorritz C., Coronas J.(2021). Microplastics in marine environment: a review on sources, classification, and potential remediation by membrane technology. *Environmental Science Water Research Technology* 7:243 <https://doi.org/10.1039/D0EW00802H>
36. Blair Crawford, C.; Quinn, B. *Microplastic Pollutants*, 1st ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016.
37. “FапLESStic-sea 2019. Review of existing policies and research related to microplastics – Summary for Policy Makers” – 20 стр. <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/press-reliz/vsestononnyaya-ocenka-morskogo-i-plastikovogo-musora-podtverzhaet>
38. Zobkov M., Belkina N., Kovalevski V., Zobkova M., Efremova T., Galakhina N. Microplastic abundance and accumulation behavior in Lake Onego sediments: A journey from the river mouth to pelagic waters of the large boreal lake. *J. Environ. Chem. Eng.* 2020;8(5):104367. doi: 10.1016/j.jece.2020.104367;
39. Zobkov M., Esiukova E. Microplastics in Baltic bottom sediments: Quantification procedures and first results. *Mar. Poll. Bull.* 017;114(2):724–732. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.10.060
40. D.Karnaukhov, S.Biritskaya, E.Dolinskaya, M.Teplykh, N.Silenko, Y.Ermolaeva and E.Silow. Pollution by Macro- and Microplastic of Large Lacustrine Ecosystems In Eastern Asia. *Poll Res.* 39 (2): 353-355 (2020)
41. Malygina N., Mitrofanova E., Kuryatnikova N., Biryukov R., Zolotov D., Pershin D., Chernykh D. Microplastic pollution in the surface waters from plain and mountainous lakes in Siberia, Russia. *Water.* 2021;13(16):2287. doi: 10.3390/w13162287
42. Lisina A. A., Platonov M. M., Lomakov O. L., Sazonov A. A., Shishova T. V., Berkovich A. K., Frolova N. L. Microplastic abundance in Volga River: Results of a pilot study in summer 2020. *Geogr. Environ. Sustain.* 2021;14(3):82–93. doi: 10.24057/2071-9388-2021-041)
43. Pozdnyakov Sh. R., Ivanova E. V., Guzeva A. V., Shalunova E. P., Martinson K. D., Tikhonova D. A. Studying the concentration of microplastic particles in water, bottom sediments and subsoils in the coastal area of the Neva Bay, the Gulf of Finland. *Water Resources.* 2020;47(4):599–607. doi: 10.1134/S0097807820040132
44. Mehdi Ghayebzadeh, Hassan Aslani, Hassan Taghipour, Saeid Mousavi. Estimation of plastic waste inputs from land into the Caspian Sea: A significant unseen marine pollution. *Marine Pollution Bulletin.* Volume 151, February 2020, 110871, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110871>
45. Баймуканов М., Ж. Баймуканова. О пластиковом загрязнении и потенциальном его воздействии на биоразнообразие Каспийского моря. *Новости науки Казахстана.* № 2 (149). 2021 – стр. 174 -179).
46. Faranak Bakhtiari. Caspian Sea grappling with poor waste management. 2020. <https://www.tehrantimes.com/news/451064/Caspian-Sea-grappling-with-poor-waste-management>
47. Regional project “Addressing Marine Litter in the Caspian Sea Region”, Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea, Sixth Meeting 2022, Baku, Azerbaijan

48. Kazakhstan Environmental Performance Reviews: Third Review https://unece.org/sites/default/files/2021-08/ECE_CEP_185_Rus.pdf
49. UNEP, 2018, Mapping of global plastics value chain and plastics losses to the environment: with a particular focus on marine environment, United Nations Environment Programme <http://www.unep.org/pt-br/node/27212>
50. Inglezakis, V. J., Moustakas, K., Khamitovac, G., Tokmurzin, D., Rakhmatulina, R., Serik, B., Abikak, Y., & Pouloupoulos, S. G. (2017). Municipal solid waste management in Kazakhstan: Astana and Almaty case studies. In *Chemical Engineering Transactions* (Vol. 56, pp. 565-570). (Chemical Engineering Transactions; Vol. 56). Italian Association of Chemical Engineering – AIDIC. <https://doi.org/10.3303/CET1756095>
51. Natalya S. Salikova, Javier Rodrigo-Illari, Maria-Elena Rodrigo-Clavero, Saltanat E. Urazbayeva, Aniza Zh. Askarova and Kuandyk M. Magzhanov. Environmental Assessment of Microplastic Pollution Induced by Solid Waste Landfills in the Akmola Region (North Kazakhstan). -*Water*. – 2023(15):2889. DOI:10.3390/w15162889
52. Саликова Н.С., Уразбаева С.Е., Крылов Д.В. Распространенность микропластика в природных водах <https://old.kuam.kz/sites/default/files/2024/nauka/conf23/23nim.pdf>.
53. Dana Zhaxylykova, Alisher Alibekov, Woojin Lee. Seasonal variation and removal of microplastics in a central Asian urban wastewater treatment plant. *Marine Pollution Bulletin*. Volume 205, August 2024, 116597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116597>
54. Suthirat Kittipongvises, Athit Phetrak, Narapong Hongprasith, Jenyuk Lohwacharin. Unravelling capability of municipal wastewater treatment plant in Thailand for microplastics: Effects of seasonality on detection, fate and transport. *Journal of Environmental Management* 2022, 302(5):113990. DOI:10.1016/j.jenvman.2021.113990
55. Valeria Hidalgo-Ruz, Lars Gutow, Richard C Thompson, Martin Thiel. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol*. 2012 Mar 20;46(6):3060-75. doi: 10.1021/es2031505
56. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L) /M. A. Browne, A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, R. C. Thompson // *Environmental Science & Technology*. – 2008. – Vol. 42. – Iss. 13. – P. 5026–5031. doi: 10.1021/es800249a;
57. Mateos-Cárdenas A, O'Halloran J., van Pelt F.N.A.M., Jansen M.A.K. (2020). Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod *Gammarus duebeni* (Lillj.) *Scientific Reports* 10:12799 DOI:10.1038/s41598-020-69635-2.
58. Kosuth M, Mason SA, Wattenberg EV (2018) Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLoS ONE* 13(4): e0194970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>
59. Национальный доклад Министерства экологии, геологии и биоресурсов за 2022 год
60. Campanale C., Massarelli C., Savino I., Locaputo V., Uricchio V. F. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2020. Vol. 17, no. 4. Art. 1212. doi: 10.3390/ijerph17041212;
61. Yuan Z., Rajat N., Cummins E. Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment – From marine to food systems. *Sci. Total Environ*. 2022;823:153730. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.153730
62. Государственная программа Республики Казахстан «Питьевая вода» на 2001-2030 годы
63. Lithner, D. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition / D. Lithner, A. Larsson, G. Dave // *Science of the Total Environment*. – 2011. – Vol. 409. – Iss. 18.–P. 3309–3324. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.04.038
64. Naixin Qian, Xin GaoXiaoqi Lang, and Wei Min. Rapid single-particle chemical imaging of nanoplastics by SRS microscopy. 2024, 121 (3) e2300582121, <https://doi.org/10.1073/pnas.2300582121>
65. Lina Baz, Asmaa Alharbi, Maryam Al-Zahrani, Sedra Alkhabbaz, Rasha Alsousou, and Hanan Aljawadri. The Effect of Different Storage Conditions on the Levels of Bisphenol A in Bottled Drinking Water in Jeddah City, Saudi Arabia. *Advances in Public Health*. – 2023. – 8278428. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/8278428>
66. Мийченко, И. П. Технология полуфабрикатов полимерных материалов / И. П. Мийченко. – Санкт-Петербург : НОТ, 2012. – 374 с.
67. https://www.kt.kz/rus/reviews/obzor_rinka_mineralnoj_i_pitjevoj_vodi_respubliki_Kazahstan_1153643337.html
68. <https://www.plasticpollutioncoalition.org/resource-library/noaa-laboratory-methods-for-the-analysis-of-microplastics-in-the-marine-environment>
69. Саликова Н.С., Алимова К.К., Баймашева Ш.М. Анализ технологических процессов водоподготовки в Казахстане и потенциала удержания частиц микропластика. *Материалы XXIII Международной научно-практической конференции «НАУКА И МЫ», Республика Казахстан, Кокшетау, 2024.* <https://old.kuam.kz/sites/default/files/2024/nauka/conf23/23nim.pdf>
70. Madibekov, A.; Ismukhanova, L.; Sultanbekova, B.; Zhadi, A.; Zhumatayev, S.; Musakulkyzy, A.; Bolatov, K.; Madibekova, A. Micro- and Macroplastics Pollution in the Aquatic Environment of Markakol Lake Located in the Protected Area on the Mountain Slopes of the Southern Part of the Kazakh Altai Mountains. *Preprints* 2023, 2023090851. <https://doi.org/10.20944/preprints202309.0851.v1>
71. Evidence for Microplastics Contamination of the Remote Tributary of the Yenisei River, Siberia – The Pilot Study Results / Y.A. Frank [et al.] *Water*. 2021. Vol. 13. No. 22. P. 3248.
72. Microplastics Abundance in Volga River: Results of a Pilot Study in Summer / A.A. Lisina [et al.] *Geography, Environment, Sustainability*. 2021. Vol. 14. No 3. pp. 82-93.
73. Preliminary Screening for Microplastic Concentrations in the Surface Water of the Ob and Tom Rivers in Siberia, Russia / Y.A. Frank [et al.] *Sustainability*. 2021. Vol. 13. No. 1. P. 80.

74. Microplastics in fish gut, first records from the Tom River in West Siberia, Russia / Y.A. Frank [et al.] Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 52. С. 130-139.
75. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications / C. Fang [et al.] Environmental Research. 2021. Vol. 192. p. 110326.
76. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood / H.A. Leslie [et al.] // Environmental International. 2022. Vol. 163. P. 107199.
77. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy / L.C. Jenner [et al.] // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 831. P. 154907.

References

1. Plastics Europe. Plastics – the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data. Brussels: Plastics Europe. 2021. URL: <https://plasticseurope.org>.
2. Geyer, R., Jambeck J.R., Law K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. Sci. Adv. 3, e1700782 DOI: 10.1126/sciadv.1700782
3. Sharma, S. Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review / S. Sharma, S. Chatterjee // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – Vol. 24. – Iss. 27. – P. 21530–21547. doi: 10.1007/s11356-017-9910-8
4. P. Kershaw, C. Rochman. Sources, Fate And Effects Of Microplastics In The Marine Environment: Part 2 Of A Global Assessment. 2015.- 221 p.
5. Zhao X, Chen H, Jia QL, Shen CS, Zhu Y, Li L, Nie YH, Ye JF (2020) Pollution status and pollution behavior of microplastic in surface water and sediment of urban rivers. Huan jing ke xue= Huanjing kexue 41(8):3612–3620. <https://doi.org/10.13227/j.hjkk.201912236>
6. Li C, Busquets R., Campos L.C. (2020). Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. Science of Total Environment 707:135578 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135578
7. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // Science. 1972. Vol. 175. pp. 1240-1241
8. Thompson, R. C.; Olsen, Y.; Mitchell, R. P.; Davis, A.; Rowland, S. J.; John, A. W. G.; McGonigle, D.; Russell, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? Science 2004, 304, 838
9. Carpenter E.J., Smith K.L. Plastics on the Sargasso Sea surface // Science. 1972. Vol. 175. pp. 1240-1241
10. Mateos-Cárdenas A, O'Halloran J., van Pelt F.N.A.M., Jansen M.A.K. (2020). Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod Gammarus duebeni (Lillj.) Scientific Reports 10:12799 DOI:10.1038/s41598-020-69635-2
11. Environmental and Health Risks of Microplastic Pollution. 2019. EC, Luxembourg;
12. Meijer L.J. J., van Emmerik T., van der Ent R., Schmidt C., Lebreton L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. Sci. Adv. 7, eaaz5803 DOI: 10.1126/sciadv.aaz5803
13. Amanda R. McCormick, Timothy J. Hoellein, Maxwell G. London, Joshua Hittie, John W. Scott, John J. Kelly. Microplastic in surface waters of urban rivers: concentration, sources, and associated bacterial assemblages. Ecosphere. – Volume 7, Issue 11. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1556>
14. Jean-Pierre W. Desforges, Moira Galbraith, Peter S. Ross. Ingestion of Microplastics by Zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. Arch Environ Contam Toxicol.- 2015.- 69:320–330. doi 10.1007/s00244-015-0172-5
15. Chidi Egbeocha, S Malek, Chijioke Emenike, Pozi Milow. Feasting on microplastics: Ingestion by and effects on marine organisms. Aquatic Biology 27:93-106.-2018. doi:10.3354/ab00701
16. Saskia Rehse-Becker, Werner Kloas, Christiane Zarfl. Microplastics Reduce Short-Term Effects of Environmental Contaminants. Part I: Effects of Bisphenol A on Freshwater Zooplankton Are Lower in Presence of Polyamide Particles. International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH) 15(2):280. -2018. doi:10.3390/ijerph15020280
17. Emma L Teuten, Steven J Rowland, Tamara S Galloway, Richard C Thompson. Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. Environ Sci Technol. – 41(22):7759-64.. -2007. doi: 10.1021/es071737s
18. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2016.4501>
19. <https://www.fao.org/3/i7677e/i7677e.pdf>
20. Доклад ВОЗ <https://www.who.int/ru/news/item/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>
21. Braga Moruzzi R, Speranza L.G., da Conceição F.T., de Souza Martins S.T., Busquets R., Campos L.C. (2020). Stormwater Detention Reservoirs: An Opportunity for Monitoring and a Potential Site to Prevent the Spread of Urban Microplastics. Water 2020, 12, 1994; doi:10.3390/w12071994
22. Genevieve D'Avignon, Irene Gregory-Eaves, Anthony Ricciardi. Microplastics in lakes and rivers: an issue of emerging significance to limnology. Environmental Reviews, 2021. <https://doi.org/10.1139/er-2021-004>;
23. Dafne Eerkes-Medrano, Richard C. Thompson, David C. Aldridge. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. Water Research, Volume 75, 15 May 2015, Pages 63-82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>;
24. H.S. Auta, C.U Emenike, S.H Fauziah. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. Environment International, Volume 102, May 2017, Pages 165-176; <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>
25. H.S. Auta, C.U Emenike, S.H Fauziah. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. Environment International, Volume 102, May 2017, Pages 165-176; <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>

26. Кизеев А.Н., Сюрин С.А. Микропластик в морских и пресных водоемах России: источники, распределение, биологические угрозы. Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение : материалы междунар. науч.-практич. конференции, посвященной 60-летию НИЛ экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики БГУ, Минск, 9–11 ноября 2022 г. / БГУ, Фак. географии и геоинформатики ; [редкол.: Д. С. Воробьев (отв. ред.) и др.]. – Минск : БГУ, 2022. – С. 95-98.
27. X.-D. Sun et al., Differentially charged nanoplastics demonstrate distinct accumulation in *Arabidopsis thaliana*. *Nat. Nanotechnol.* 15, 755–760 (2020).
28. D. M. Mitrano et al., Synthesis of metal-doped nanoplastics and their utility to investigate fate and behaviour in complex environmental systems. *Nat. Nanotechnol.* 14, 362–368 (2019).
29. S. B. Fournier et al., Nanopolystyrene translocation and fetal deposition after acute lung exposure during late-stage pregnancy. *Particle Fibre Toxicol.* 17, 1–11 (2020).
30. D. M. Mitrano, P. Wick, B. Nowack, Placing nanoplastics in the context of global plastic pollution. *Nat. Nanotechnol.* 16, 491–500 (2021)],
31. Бургхард С. Мейер, Лиан Ланди, Ануарбек Какабаев. Интегрированное управление водными ресурсами в Казахстане. Коллективная монография / TEMPUS IV. Изд.: «Мир печати». Кокшетау, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/313241195>
32. Кузина, Л. В. Загрязнение мирового океана бытовым мусором / Л. В. Кузина, В. И. Тевризова // Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века : материалы 18-й Междунар. науч. конф.– Минск, 2018. – Ч. 1. – С. 61–63. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-61615-5>.
33. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks / M. A. Browne, P. Crump, S. J. Niven, E. Teuten, A. Tonkin, T. Galloway, R. Thompson // *Environmental Science & Technology*. – 2011. – Vol. 45. – Iss. 21. – P. 9175–9179. doi: 10.1021/es201811s
34. Wang J, Li J, Liu S, Li H, Chen X, Peng C, Zhang P, Liu X. (2021). Distinct microplastic distributions in soils of different land-use types: A case study of Chinese farmlands. *Environmental Pollution* 269:116199 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116199>
35. Malankowska M., Echaide-Gorric C., Coronas J.(2021). Microplastics in marine environment: a review on sources, classification, and potential remediation by membrane technology. *Environmental Science Water Research Technology* 7:243 <https://doi.org/10.1039/D0EW00802H>
36. Blair Crawford, C.; Quinn, B. *Microplastic Pollutants*, 1st ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016.
37. “FanPLESStic-sea 2019. Review of existing policies and research related to microplastics – Summary for Policy Makers” – 20 стр. <https://www.unep.org/ru/novosti-i-istorii/press-reliz/vsestonnyaya-ocenka-morskogo-i-plastikovogo-musora-podtverzhdaet>
38. Zobkov M., Belkina N., Kovalevski V., Zobkova M., Efremova T., Galakhina N. Microplastic abundance and accumulation behavior in Lake Onego sediments: A journey from the river mouth to pelagic waters of the large boreal lake. *J. Environ. Chem. Eng.* 2020;8(5):104367. doi: 10.1016/j.jece.2020.104367;
39. Zobkov M., Esiukova E. Microplastics in Baltic bottom sediments: Quantification procedures and first results. *Mar. Poll. Bull.* 017;114(2):724–732. doi: 10.1016/j.marpolbul.2016.10.060
40. D.Karnaikhov, S.Biritskaya, E.Dolinskaya, M.Teplykh, N.Silenko, Y.Ermolaeva and E.Silow. Pollution by Macro- and Microplastic of Large Lacustrine Ecosystems In Eastern Asia. *Poll Res.* 39 (2): 353-355 (2020)
41. Malygina N., Mitrofanova E., Kuryatnikova N., Biryukov R., Zolotov D., Pershin D., Chernykh D. Microplastic pollution in the surface waters from plain and mountainous lakes in Siberia, Russia. *Water.* 2021;13(16):2287. doi: 10.3390/w13162287
42. Lisina A. A., Platonov M. M., Lomakov O. L., Sazonov A. A., Shishova T. V., Berkovich A. K., Frolova N. L. Microplastic abundance in Volga River: Results of a pilot study in summer 2020. *Geogr. Environ. Sustain.* 2021;14(3):82–93. doi: 10.24057/2071-9388-2021-041)
43. Pozdnyakov Sh. R., Ivanova E. V., Guzeva A. V., Shalunova E. P., Martinson K. D., Tikhonova D. A. Studying the concentration of microplastic particles in water, bottom sediments and subsoils in the coastal area of the Neva Bay, the Gulf of Finland. *Water Resources.* 2020;47(4):599–607. doi: 10.1134/S0097807820040132
44. Mehdi Ghayebzadeh, Hassan Aslani, Hassan Taghipour, Saeid Mousavi. Estimation of plastic waste inputs from land into the Caspian Sea: A significant unseen marine pollution. *Marine Pollution Bulletin.* Volume 151, February 2020, 110871, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110871>
45. Баймуканов М., Ж. Баймуканова. О пластиковом загрязнении и потенциальном его воздействии на биоразнообразие Каспийского моря. *Новости науки Казахстана.* № 2 (149). 2021 – стр. 174 -179).
46. Faranak Bakhtiari. Caspian Sea grappling with poor waste management. 2020. <https://www.tehrantimes.com/news/451064/Caspian-Sea-grappling-with-poor-waste-management>
47. Regional project “Addressing Marine Litter in the Caspian Sea Region”, Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea, Sixth Meeting 2022, Baku, Azerbaijan
48. Kazakhstan Environmental Performance Reviews: Third Review https://unece.org/sites/default/files/2021-08/ECE_CEP_185_Rus.pdf
49. UNEP, 2018, Mapping of global plastics value chain and plastics losses to the environment: with a particular focus on marine environment, United Nations Environment Programme <http://www.unep.org/pt-br/node/27212>
50. Inglezakis, V. J., Moustakas, K., Khamitov, G., Tokmurzin, D., Rakhmatulina, R., Serik, B., Abikak, Y., & Pouloupoulos, S. G. (2017). Municipal solid waste management in Kazakhstan: Astana and Almaty case studies. In *Chemical Engineering Transac-*

tions (Vol. 56, pp. 565-570). (Chemical Engineering Transactions; Vol. 56). Italian Association of Chemical Engineering – AIDIC. <https://doi.org/10.3303/CET1756095>

51. Natalya S. Salikova, Javier Rodrigo-Illari, María-Elena Rodrigo-Clavero, Saltanat E. Urazbayeva, Aniza Zh. Askarova and Kuandyk M. Magzhanov. Environmental Assessment of Microplastic Pollution Induced by Solid Waste Landfills in the Akmola Region (North Kazakhstan). -Water. – 2023(15):2889. DOI:10.3390/w15162889

52. Саликова Н.С., Уразбаева С.Е., Крылов Д.В. Распространенность микропластика в природных водах <https://old.kuam.kz/sites/default/files/2024/nauka/conf23/23nim.pdf>.

53. Dana Zhaxylykova, Alisher Alibekov, Woojin Lee. Seasonal variation and removal of microplastics in a central Asian urban wastewater treatment plant. Marine Pollution Bulletin. Volume 205, August 2024, 116597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116597>

54. Suthirat Kittipongvises, Athit Phetrak, Narapong Hongprasith, Jenyuk Lohwacharin. Unravelling capability of municipal wastewater treatment plant in Thailand for microplastics: Effects of seasonality on detection, fate and transport. Journal of Environmental Management 2022, 302(5):113990. DOI:10.1016/j.jenvman.2021.113990

55. Valeria Hidalgo-Ruz, Lars Gutow, Richard C Thompson, Martin Thiel. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. Environ Sci Technol. 2012 Mar 20;46(6):3060-75. doi: 10.1021/es2031505

56. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L) /M. A. Browne, A. Dissanayake, T. S. Galloway, D. M. Lowe, R. C. Thompson // Environmental Science & Technology. – 2008. – Vol. 42. – Iss. 13. – P. 5026–5031. doi: 10.1021/es800249a;

57. Mateos-Cárdenas A, O'Halloran J., van Pelt F.N.A.M., Jansen M.A.K. (2020). Rapid fragmentation of microplastics by the freshwater amphipod *Gammarus duebeni* (Lillj.) Scientific Reports 10:12799 DOI:10.1038/s41598-020-69635-2.

58. Kosuth M, Mason SA, Wattenberg EV (2018) Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. PLoS ONE 13(4): e0194970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194970>

59. Национальный доклад Министерства экологии, геологии и биоресурсов за 2022 год

60. Campanale C., Massarelli C., Savino I, Locaputo V., Uricchio V. F. A detailed review study on potential effects of microplastics and additives of concern on human health // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2020. Vol. 17, no. 4. Art. 1212. doi: 10.3390/ijerph17041212;

61. Yuan Z., Rajat N., Cummins E. Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment – From marine to food systems. Sci. Total Environ. 2022;823:153730. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.153730

62. Государственная программа Республики Казахстан «Питьевая вода» на 2001-2030 годы

63. Lithner, D. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition / D. Lithner, A. Larsson, G. Dave // Science of the Total Environment. – 2011. – Vol. 409. – Iss. 18.–P. 3309–3324. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.04.038

64. Naixin Qian, Xin GaoXiaoqi Lang, and Wei Min. Rapid single-particle chemical imaging of nanoplastics by SRS microscopy. 2024, 121 (3) e2300582121, <https://doi.org/10.1073/pnas.2300582121>

65. Lina Baz, Asmaa Alharbi, Maryam Al-Zahrani, Sedra Alkhabbaz, Rasha Alsousou, and Hanan Aljawadri. The Effect of Different Storage Conditions on the Levels of Bisphenol A in Bottled Drinking Water in Jeddah City, Saudi Arabia. Advances in Public Health. – 2023. – 8278428. DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/8278428>

66. Мийченко, И. П. Технология полуфабрикатов полимерных материалов / И. П. Мийченко. – Санкт-Петербург : HOT, 2012. – 374 с.

67. https://www.kt.kz/rus/reviews/obzor_rinka_mineralnoj_i_pitjevoj_vodi_respubliki_Kazahstan_1153643337.html

68. <https://www.plasticpollutioncoalition.org/resource-library/noaa-laboratory-methods-for-the-analysis-of-microplastics-in-the-marine-environment>

69. Саликова Н.С., Алимова К.К., Баймашева Ш.М. Анализ технологических процессов водоподготовки в Казахстане и потенциала удержания частиц микропластика. Материалы XXIII Международной научно-практической конференции «НАУКА И МЫ», Республика Казахстан, Кокшетау, 2024. <https://old.kuam.kz/sites/default/files/2024/nauka/conf23/23nim.pdf>

70. Madibekov, A.; Ismukhanova, L.; Sultanbekova, B.; Zhadi, A.; Zhumatayev, S.; Musakulyzy, A.; Bolatov, K.; Madibekova, A. Micro- and Macroplastics Pollution in the Aquatic Environment of Markakol Lake Located in the Protected Area on the Mountain Slopes of the Southern Part of the Kazakh Altai Mountains. *Preprints* 2023, 2023090851. <https://doi.org/10.20944/preprints202309.0851.v1>

71. Evidence for Microplastics Contamination of the Remote Tributary of the Yenisei River, Siberia – The Pilot Study Results / Y.A. Frank [et al.] Water. 2021. Vol. 13. No. 22. P. 3248.

72. Microplastics Abundance in Volga River: Results of a Pilot Study in Summer / A.A. Lisina [et al.] Geography, Environment, Sustainability. 2021. Vol. 14. No 3. pp. 82-93.

73. Preliminary Screening for Microplastic Concentrations in the Surface Water of the Ob and Tom Rivers in Siberia, Russia / Y.A. Frank [et al.]. Sustainability. 2021. Vol. 13. No. 1. P. 80.

74. Microplastics in fish gut, first records from the Tom River in West Siberia, Russia / Y.A. Frank [et al.] Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 52. С. 130-139.

75. Microplastics in three typical benthic species from the Arctic: Occurrence, characteristics, sources, and environmental implications / C. Fang [et al.] Environmental Research. 2021. Vol. 192. p. 110326.

76. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood / H.A. Leslie [et al.] // Environmental International. 2022. Vol. 163. P. 107199.

77. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy / L.C. Jenner [et al.] // Science of the Total Environment. 2022. Vol. 831. P. 154907.

Авторлар туралы мәлімет:

Сатаева Әлия Рифкатовна – б.ғ.д., қауымдастырылған профессор, жоба жетекшісі, Сәтбаев Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің қауымдастырылған профессоры (Алматы, Қазақстан, email: aliya.satayeva@nu.edu.kz)

Арайлым Камал – докторант, Назарбаев Университеті (Астана, Қазақстан, email: arailym.kamal@nu.edu.kz)

Байменов Әлжан Жұлдасұлы – PhD докторы, Сәтбаев Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университетінің қауымдастырылған профессоры (Алматы, Қазақстан, email: alzhan.baimenov@nu.edu.kz)

Джон Ким – PhD, қауымдастырылған профессор, құрылыс және экологиялық инженерия кафедрасының меңгерушісі, Назарбаев Университеті (Астана, Қазақстан, email: jong.kim@nu.edu.kz)

Елизавета Архангельски – PhD, қауымдастырылған профессор, инженерия және цифрлық ғылымдар мектебінің деканы, Назарбаев Университеті (Астана, Қазақстан, email: yelyzaveta.arkhangelsky@nu.edu.kz)

Тастамбек Қуаныш Талғатұлы – PhD, экология және биоресурстар тұрақтылығы ФЗИ директоры (Алматы, Қазақстан, email: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz)

Тауанов Жандос Түрегүлович – PhD, қауымдастырылған профессор, ҚазҰУ “Экология және биоресурстардың тұрақтылығы” ФЗИ директорының орынбасары. (Алматы, Қазақстан, email: tauanov.zhandos@gmail.com)

Акимбеков Нұралы Шадарбекұлы – PhD, ҚазҰУ “Экология және биоресурстардың тұрақтылығы” ФЗИ профессоры (Алматы, Қазақстан, email: akimbeknur@gmail.com)

Information about authors:

Satayeva Aliya Rifkatovna – doctor of biosciences, associate Professor, head of the project, KazNRTU named after Satpayev (Almaty, Kazakhstan, email: aliya.satayeva@nu.edu.kz)

Arailym Kamal – PhD student, Nazarbayev University (Astana, Kazakhstan, email: arailym.kamal@nu.edu.kz)

Baimenov Alzhan Zhuldasovich – PhD, Associate Professor, KazNRTU named after Satpayev (Almaty, Kazakhstan, email: alzhan.baimenov@nu.edu.kz)

Jong Kim – PhD, Associate Professor, Head of the Department of Civil and Environmental Engineering, Nazarbayev University (Astana, Kazakhstan, email: jong.kim@nu.edu.kz)

Arkhangelsky Yelizaveta – PhD, Associate Professor, dean of School of Engineering and Digital Sciences, Nazarbayev University (Astana, Kazakhstan, email: yelyzaveta.arkhangelsky@nu.edu.kz)

Tastambek Kuanysh – PhD, director, SRI Sustainability of ecology and bioresources, Al-Farabi Kazakh National University, e-mail: kuanysh.tastambek@kaznu.edu.kz)

Tauanov Zhandos Turegulovich – PhD, Associate Professor, Deputy Director of the SRI “Sustainability of Ecology and Bioresources” (Almaty, Kazakhstan, email: tauanov.zhandos@gmail.com)

Akimbekov Nuraly – PhD, Professor, Research Institute of “Sustainability of Ecology and Bioresources” (Almaty, Kazakhstan, email: akimbeknur@gmail.com)

Поступила: 06 августа 2024 года

Принята: 26 декабря 2024 года