

УДК 574 : 556.51 (477.62)

© А. В. Фатюха, С. В. Беспалова, Н. М. Лялюк

**БАСЕЙНОВЫЙ ПОДХОД В БИОГЕОХИМИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ
ТЕХНОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННОГО УЧАСТКА РЕКИ КАЛЬМИУС
(Г. ДОНЕЦК)**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: fatuha83@mail.ru*

Фатюха А. В., Беспалова С. В., Лялюк Н. М. Бассейновый подход в биогеохимическом мониторинге техногенно трансформированного участка реки Кальмиус (г. Донецк). – Рассмотрен вопрос бассейнового подхода в биогеохимическом мониторинге реки Кальмиус. Выделены основные притоки реки и определены мониторинговые точки, максимально охватывающие бассейн реки Кальмиус на территории г. Донецка.

Ключевые слова: биогеохимический мониторинг, бассейновый подход, Кальмиус, элементный анализ.

Введение

Интенсивный рост техногенной нагрузки на природные экосистемы обусловил ряд экологических проблем, связанных с резким ухудшением качества городской среды, что обуславливает необходимость комплексного исследования и объективной оценки состояния урбанизированных территорий [7]. Серьёзной проблемой крупных городских агломераций является загрязнение природных объектов техногенными элементами. Особенность загрязнения водных экосистем урбанизированных территорий, одного из основных компонентов биосферы, состоит в том, что в крупных городах на относительно небольшой площади сосредоточено значительное количество различных источников загрязнения (промышленные предприятия, неконтролируемые ливневые и бытовые стоки, свалки бытового мусора, отвалы металлургической и угольной промышленности), обуславливающих интенсивность и неоднородность состава загрязнителей воды. Одним из новых и перспективных методов, позволяющих комплексно оценить фоновые концентрации и степень загрязнения техногенными элементами водных объектов, является биогеохимический мониторинг.

Концепция биогеохимического мониторинга предложена П. В. Ивашовым [3], а основы заложены В. И. Вернадским [2]. Биогеохимический мониторинг позволяет: 1) выделить закономерности распределения и миграции элементов в выбранной экосистеме; 2) найти наиболее чувствительные к концентрации загрязняющих элементов биообъекты; 3) обнаружить источники загрязнения экосистемы и сделать прогноз дальнейшего развития.

Биогеохимический мониторинг подразумевает элементный анализ биотических и абиотических компонентов экосистем. Под абиотическим компонентом водных экосистем в аспекте биогеохимического мониторинга следует понимать три составляющие: растворенные вещества, взвешенные вещества и донные отложения. В качестве биотической составляющей при оценке экологического состояния водных экосистем могут быть использованы различные группы водных организмов: планктон, нектон, бентос. При выборе индикаторных видов гидробионтов следует учитывать особенности вида, привлекательные для биогеохимического мониторинга – достаточную для анализа биомассу, широкий ареал распространения, способность к накоплению микроэлементов и др. Одно из важнейших требований, предъявляемых к организму-индикатору, – способность реагировать на изменение условий обитания изменением элементного состава в широком интервале значений [6].

Водный бассейн – наиболее типичная целостная и относительно самостоятельная единица в организации земной поверхности, что является важным моментом в определении его как специального подразделения. В современных условиях бассейновый подход выполняет незаменимую и все возрастающую роль при изучении и предотвращении антропогенного загрязнения окружающей среды [9]. Он позволяет четко обозначить район для проведения исследований, а также точно выделить закономерности биогеохимических

циклов внутри бассейна водного объекта благодаря известным направлениям потоков вещества.

Источники загрязнения для водных объектов принято делить на диффузные и точечные [5]. Точечные источники стабильны по внесению концентрации загрязняющих веществ, в то время как диффузные динамичны и зависят от ряда параметров, в частности от метеорологических условий. Точечные источники могут быть четко определены, диффузные часто не проявляют явной локализации и их влияние бывает опосредованным.

Основной водной артерией, протекающей через центр г. Донецка, является река Кальмиус. Она берет свое начало на южном склоне Донецкого кряжа вблизи станции Ясиноватая в поселке Минеральное. Длина реки в пределах г. Донецка – 35 км, средняя ширина русла составляет около 5-6 м. Речная и балочная сеть Кальмиуса на территории Донецка зарегулирована водохранилищами и прудами, предназначенными для различных целей (техническое водоснабжение, рекреация). Природный сток реки Кальмиус в районе пгт. Авдотьино составляет 76 млн. м³ в год. Для Донецка река Кальмиус имеет важное историческое, хозяйственное и рекреационное значение, в связи с чем проблема охраны её бассейна и рационального водопользования требует особого внимания [4] и бассейновый подход для реализации подобных задач является наиболее приемлемым.

Материалы и методы исследования

Мониторинговые точки бассейна реки Кальмиус определяли с помощью картографического метода с использованием спутниковых карт Google (режим рельеф) и инструментов расчета расстояния и площади сайта <http://3planeta.com>. Для уточнения названий водных объектов, а также предполагаемых источников загрязнения были использованы данные отчетов управления экологической безопасности Донецкого горсовета и Госуправления охраны окружающей среды в Донецкой области. Дополнительную локализацию и уточнение названий некоторых объектов проводили также с помощью данных сайта <http://wikimapia.org>.

Мониторинговые точки в зависимости от проточности воды можно разделить на две большие группы: расположенные на водотоке и на водоеме. Это основная характеристика, определяющая требования к отбору проб воды, донных отложений и биообъектов. Гидрологические особенности учитывают при анализе растворенных и взвешенных веществ.

Основными параметрами выбора водотока для определения мониторинговой точки были: характер уровня режима (отсутствие снижения уровня воды до нуля в меженьный период), зарегулированность стока и наличие локализованных источников загрязнения. Основными параметрами выбора водоема как мониторингового были: площадь водного зеркала, характер уровня режима, целевое назначение водоема и наличие локализованных источников загрязнения. Были определены основные гидрологические характеристики водных объектов: для водотоков – длина и площадь водосбора, для водоемов – площадь водного зеркала, целевое назначение и наличие локализованного источника загрязнения [8].

В качестве метода исследования элементного состава был выбран метод атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-ОЭС). Данный метод позволяет одновременное определение состава анализируемого вещества по 70 элементам. Всего для данного исследования было определено количественное измерение 33 приоритетных элементов (Ag, Al, As, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W, Zn, Zr) в воде, донных отложениях и гидробионтах. Для пробоподготовки твердых объектов (фильтры, донные отложения, биообъекты) использовали систему микроволнового разложения.

Схема биогеохимического мониторинга была разделена на два этапа. Первый этап включал в себя определение годовой динамики (с ежемесячным отбором проб) элементного состава растворенных и взвешенных веществ в каждой мониторинговой точке и предварительное исследование элементного состава гидробионтов для определения

основных индикаторных видов. Второй этап нацелен на получение сезонной динамики элементного состава донных отложений и выбранных видов гидробионтов вместе с параллельным отбором проб воды. Сезонный отбор второго этапа обусловлен большой трудоемкостью пробоподготовки твердых объектов.

Результаты и обсуждение

Бассейн реки Кальмиус на территории г. Донецк представлен 10 основными притоками [10]. Так как бассейн реки в черте города имеет сильно разветвленную балочную сеть, можно выделить еще несколько притоков, которые пересыхают в меженное время, и они не зарегулированы прудами, поэтому расположение мониторинговых точек на них нецелесообразно. Перечень основных притоков с краткой характеристикой приведен в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика притоков реки Кальмиус на территории г. Донецка

Левые притоки				Правые притоки			
индекс на схеме	название балки	длина, км	площадь водосбора, км ²	индекс на схеме	название балки	длина, км	площадь водосбора, км ²
L1	Грекова	3	4,5	R1	Водяная	4,2	5,8
L2	Буговка	3	3,7	R2	Долгая	4,2	5,8
L3	Игнатьевская	7,2	13,5	R3	Скоромошина	7,6	15,4
L4	Богодухова	14,5	42,5	R4	Дурная	8,5	22,8
L5	Обеточная	4,2	12,1	R5	Широкая	11,7	57,4

Система мониторинга построена с учетом влияния всех притоков, а также с учетом особенностей русла реки на территории города. Все мониторинговые точки по назначению были разделены на три группы: 1) оценивающие состояние основного русла реки Кальмиус с учетом влияния притоков; 2) оценивающие общее состояние притока перед впадением в реку и мониторинговые точки на основных водоемах бассейна; 3) оценивающие состояние притоков по длине водотока.

На русле реки Кальмиус определены 11 мониторинговых точек (рис. 1).

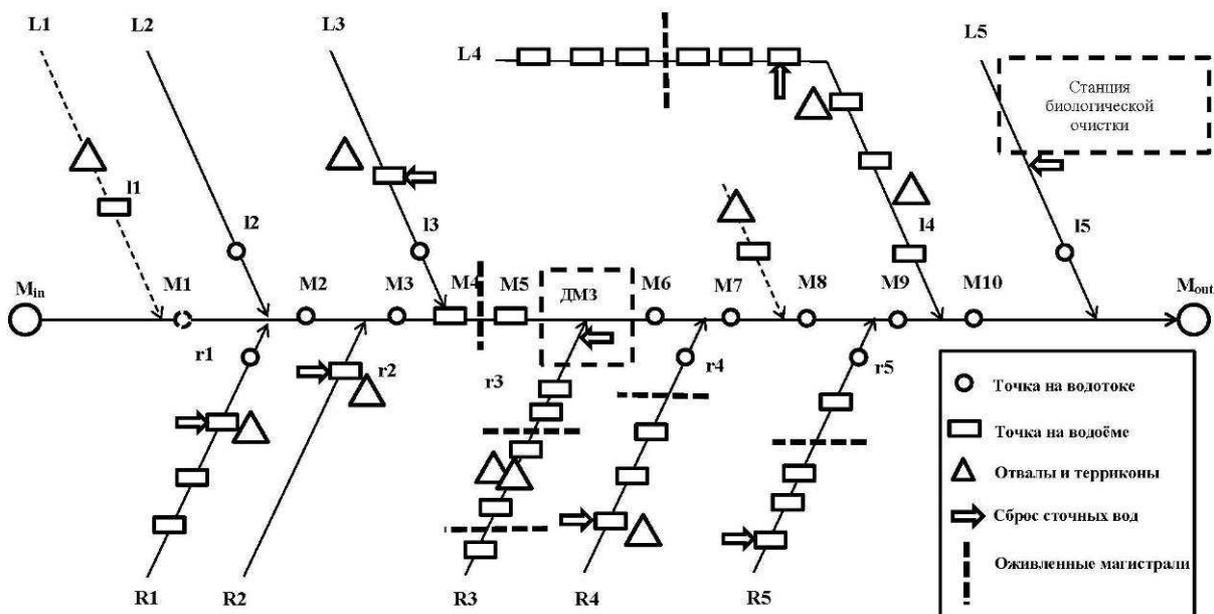


Рис. 1. Схема расположения мониторинговых точек бассейна реки Кальмиус в черте г. Донецка.

Первая точка (M_{in}) обозначает вход реки на территорию города, а последняя – выход (M_{out}) и суммирует влияние на реку Донецко-Макеевской агломерации. Мониторинговые точки M2 – M10 расположены ниже впадения притоков и позволяют оценивать их влияние на реку. Некоторые точки оценивают не только влияние притоков, но и особенности русла и наличие источников загрязнения: 1) точка M4 расположена в плотинной части Кальмиусского водохранилища и характеризует состояние водоема, а также влияние притока L3; 2) M5 расположена в плотинной части Нижнекальмиусского водохранилища, характеризует состояние водоема и влияние на реку стоков с центральной части города; 3) точка M6 расположена ниже территории Донецкого металлургического завода (ДМЗ), оценивает влияние сточных вод предприятий, расположенных на территории ДМЗ, сточных вод закрытой шахты им. Горького, а также влияние притока R3; 4) M8 учитывает влияние отвалов ДМЗ. Установленная вначале исследования точка M1 была удалена, так как приток L1 не имеет четко выраженного места впадения в реку Кальмиус.

Для оценки состояния притоков в непосредственной близости от мест впадения на притоках расположены мониторинговые точки I1 – I5, характеризующие левые притоки, и r1 – r5, характеризующие правые притоки. Мониторинговые точки, оценивающие состояние притоков по длине, расположены на основных водоемах (табл. 2).

Сброс шахтных вод, который формирует 70% водного стока бассейна реки Кальмиус, выделен как основной точечный источник загрязнения водных объектов на территории г. Донецка, 26% водоемов принимают сбросы шахтных вод, которые определяют уровенный режим этих водных объектов

Все водоемы и водотоки бассейна реки Кальмиус на территории г. Донецк испытывают сильное диффузное загрязнение. Основным показателем для оценки диффузного загрязнения водотоков является площадь водосборного бассейна, которая оценена нами. Сложной инструментальной задачей является оценка площади водосбора малых водоемов, в данном случае прудов г. Донецка. Применение принятых схем анализа [8] не дало ожидаемого результата, что связано с рядом объективных причин. Во-первых, сложность зарегулирования малого водного объекта (р. Кальмиус) не позволяет четко разграничить водораздельную линию для точечного, с точки зрения гидрографической сети, водоема. Во-вторых, расчлененность, усложнение рельефа в условиях городской системы, а тем более промышленной агломерации значительно затрудняет оценку уклонов поверхностей, изменяющих динамику поверхностного стока. В-третьих, большинство этих объектов имеют искусственный приток от крупных промышленных предприятий, определяющих уровенный режим. Поэтому на сегодняшний день стоит задача четкого определения водосборной площади малых водоемов для данной схемы биогеохимического мониторинга. Важна для этих водотоков также оценка площади водонепроницаемых поверхностей. Некоторые источники загрязнения, например терриконы, автомобильные магистрали, несмотря на четкое местонахождение, относятся к диффузным источникам, так как их влияние зависит от метеорологических условий (осадки, ветер). Водоемы выступают своеобразным депо для взвешенных и растворенных загрязняющих веществ. Учитывая этот факт, при анализе данных можно говорить о процессах аккумуляции загрязнения, первичного и вторичного загрязнения воды бассейна реки. Немаловажным является целевое назначение водоема: рекреация, водопользование, рыбозаповедение. Здесь выделяются Городские пруды, Кальмиусские водохранилища, имеющие огромное рекреационное значение для города. Следует отметить, что в зависимости от назначения водного объекта к нему предъявляются различные требования по качеству воды.

Всего для системы мониторинга определено 46 точек отбора проб, которые полностью охватывают бассейн реки Кальмиус в черте г. Донецка, из которых 15 точек расположено на водотоках, а 31 точка – на водоемах. В качестве мониторинговых точек оценки фоновой концентрации веществ для водотоков выступает точка M_{in} – вход реки Кальмиус на территорию г. Донецк, для водоемов мониторинговые точки на первых трех прудах Ботанического сада и первом Путиловском пруду. Данные точки считаем условно чистыми.

Характеристика водоемов басейна річки Кальмиус на території г. Донецьк

І*	Назва водоема	S, га	Назначення водоема	Возможний джерело забруднення
Водохранилища				
русло	Кальмиусське	42,0	рекреація	сброс
русло	Нижнекальмиусське	66,0	рекреація	автомагістраль
R5	Кирша	43,2	орошення	отсутствует
R5	Донецьке море	116,4	рекреація, орошення	автомагістраль
Пруды				
L1	Греково	5,3	отстойник	отвал
L3	Пастуховський	5,9	отстойник	террикон, сброс
L4	1-й пруд Ботаничного саду	4,6	декоративне, орошення	отсутствует
L4	2-й пруд Ботаничного саду	1,6	декоративне, орошення	отсутствует
L4	3-й пруд Ботаничного саду	2,3	декоративне, орошення	отсутствует
L4	4-й пруд Ботаничного саду	4,2	декоративне, орошення	автомагістраль
L4	5-й пруд Ботаничного саду	3,6	декоративне, орошення	отсутствует
L4	6-й пруд Ботаничного саду	3,8	отстойник	сброс
L4	Сахалін	5,3	отстойник	террикон
L4	Алексеевський	16,8	рекреація	отсутствует
L4	Тепличний	9,6	рекреація	террикон, сброс
R1	1-й Путиловський	2,6	рекреація	отсутствует
R1	2-й Путиловський	2,7	пруд-отстойник	отсутствует
R1	3-й Путиловський	1,3	пруд-отстойник	сброс
R2	отстойник ш. «Засядько»	2,3	пруд-отстойник	сброс
R3	1-й Ветковський	4,4	рекреація	отсутствует
R3	2-й Ветковський	2,3	пруд-отстойник	автомагістраль
R3	3-й Городської	6,5	рекреація	террикон
R3	2-й Городської	18,6	рекреація	автомагістраль
R3	1-й Городської	26,5	рекреація	сброс
R4	«Флора»	3,1	пруд-отстойник	террикон, сброс
R4	Бабаков	6,9	рыборазведение	отсутствует
R4	балки Дурная	1,7	пруд-отстойник	отсутствует
R5	Рутченковський	5,0	рекреація	сброс
R5	Песчаный	18,8	рекреація	отсутствует
вне водотока	Солдатський	1,5	пруд-отстойник	отвал

Примечание. І* – индекс водотока на схеме.

Выводы

Были выделены основные притоки, формирующие бассейн техногенно трансформированного участка реки Кальмиус на территории г. Донецка. На каждом из притоков определены мониторинговые точки, максимально учитывающие гидрологические особенности, антропогенное и техногенное влияние различных объектов на водоток. Обозначены мониторинговые точки, отражающие общее состояние притоков. На основном русле размещены мониторинговые точки, оценивающие влияние каждого из притоков, а также гидрологические особенности реки на территории города. Даны основные гидрологические характеристики водных объектов бассейна реки Кальмиус на территории г. Донецка.

Построена схема мониторинговых точек, на которой изображен бассейн реки Кальмиус на территории г. Донецка с указанием основных притоков и водоемов, а также основных точечных и диффузных источников загрязнения. Предложены мониторинговые точки оценки фоновой концентрации веществ. Разработанная система мониторинга с учетом бассейнового подхода позволяет максимально точно выделить закономерности распределения и движения природных (фоновых) и техногенных элементов в бассейне участка реки Кальмиус, испытывающего наибольшее техногенное влияние г. Донецка. Полученные данные позволят рекомендовать постоянные мониторинговые точки для контроля водных экосистем бассейна реки. На основании найденных источников и особенностей движения загрязняющих элементов можно будет предложить ряд мероприятий по улучшению состояния и охране водных экосистем бассейна реки Кальмиус.

С марта по декабрь 2012 г. получены данные элементного состава более 400 проб воды, каждая из которых включает элементный анализ растворенных и взвешенных веществ. Также получены данные по более чем 20 пробам биообъектов. Следует отметить, что параллельно с данными исследованиями проводится биоиндикационный анализ с использованием фитопланктона [1].

Список литературы

1. Беспалова С. В. Автоматизований моніторинг екологічного стану поверхневих вод з використанням фітопланктону в якості біоіндикатора / С. В. Беспалова, Н. М. Лялюк, Д. М. Афанасьєв та ін. // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2011. – № 1 (11). – С. 9–24.
2. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 1965. – 348 с.
3. Ивашов П. В. Биогеохимический мониторинг / П. В. Ивашов, Л. Н. Пан // География и природные ресурсы. – 2007. – № 2. – С. 158–161.
4. Лукьянченко А. Доклад о состоянии окружающей природной среды города Донецка в 2006-2007 годах / Под общ. ред. А. Лукьянченко. – Донецк, 2008. – 112 с.
5. Михайлов С. А. Диффузное загрязнение водных экосистем. Методы оценки и математические модели / С. А. Михайлов. – Барнаул: День, 2000. – 130 с.
6. Никаноров А. М. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах / А. М. Никаноров, А. В. Жулидов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
7. Розробка технології комплексної біоіндикаційної оцінки довкілля техногенного регіону / [С. В. Беспалова, О. С. Горєцький, О. З. Глухов та ін.] // Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону. – 2009. – № 1 (9). – С. 12–24.
8. Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом / Ред. Л. А. Чепелкина. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 93 с.
9. Трифонова Т. А. Бассейновый подход в экологических исследованиях / Т. А. Трифонова. – Владимир: ВладимирПолиграф, 2009. – 80 с.
10. Фатюха А. В. Система мониторинга элементного состава поверхностных вод бассейна реки Кальмиус территории города Донецка / А. В. Фатюха, С. В. Беспалова // Екологія промислового регіону: зб. доп. нац. екологічного форуму. – Донецьк, 2012. – Т. 2. – С. 16–17.

Фатюха А. В., Беспалова С. В., Лялюк Н. М. Басейновий підхід у біогеохімічному моніторингу техногенно трансформованої ділянки річки Кальміус (м. Донецьк). – Розглянуто питання басейнового підходу в біогеохімічному моніторингу річки Кальміус. Виділено основні притоки річки і визначено моніторингові точки, які максимально охоплюють басейн річки Кальміус на території м. Донецька.

Ключові слова: біогеохімічний моніторинг, басейновий підхід, Кальміус, елементний аналіз.

Fatyuha A. V., Bepalova S. V., Lyalyuk N. M. Basin approach in biogeochemical monitoring of technologically transformed part of the Kalmius river (Donetsk). – The article is deal with the basin approach in biogeochemical monitoring the Kalmius river. Major tributaries are defined. Monitoring points are allocated. They cover the whole basin of the Kalmius river in Donetsk.

Key words: biogeochemical monitoring, basin approach, the Kalmius, element analysis.