

Моделирование взаимосвязи загрязнения донных отложений с внешними факторами на примере р. Силинка, г. Комсомольск-на-Амуре

Т. И. Иващенко, Е. А. Архипов

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск

Аннотация: В данной статье на примере реки Силинка в городе Комсомольск-на-Амуре оценивается влияние различных факторов на процессы образования и транспортировки донных отложений в реке, таких как осадки, растворенные вещества, такие как валовая форма цинка. В работе использована модель множественной регрессии для выявления влияния некоторых внешних факторов на уровень загрязнения донных отложений цинком и представляют результаты численного моделирования, позволяющие оценить изменения в системе «вода – донные отложения» под воздействием различных факторов. Работа имеет значение для понимания экологических процессов в реках и может быть использована для разработки методов управления и защиты водных ресурсов.

Ключевые слова: множественная регрессия, городская территория, экологическое состояние, массообменные процессы, водные ресурсы, донные отложения, моделирование, река Силинка, город Комсомольск-на-Амуре, экологические процессы, численное моделирование, управление водными ресурсами.

Введение и постановка проблемы

В современном мире вопросы управления водными ресурсами и сохранения экологического равновесия становятся все более актуальными. Изучение массообменных процессов и донных отложений в водных экосистемах играет важную роль в понимании экологических процессов и разработке эффективных методов управления водными ресурсами. В данной статье рассматривается моделирование взаимосвязи с внешними факторами в реке Силинка, протекающей через город Комсомольск-на-Амуре, и численное моделирование влияния этих процессов на экосистему реки. Полученные результаты могут быть полезны для разработки конкретных мероприятий по улучшению качества воды и сохранению водных ресурсов в данном регионе.

Высокие темпы урбанизации во всем мире определяют рост и развитие городских территорий. Существенная трансформация компонентов природной системы, например, загрязнение, парниковый эффект,

аридизация, деградация почвенного покрова и растительности, формирование кислотных дождей, осуществляются преимущественно на урбанизированных территориях [1].

В целом город можно рассматривать как особую природно-техническую систему, которая формируется на основе природной экосистемы, изменяющейся и функционирующей под влиянием техногенных и социальных факторов [2]. Как правило, имеет место функциональное зонирование городской территории.

В пределах городских территорий техногенная нагрузка на природные экосистемы наиболее интенсивна. На сравнительно ограниченной территории сконцентрированы промышленные, гражданские и другие комплексы, одновременно действуют все виды антропогенного воздействия: механические, физические, химические, биологические и др. Площадь и степень техногенного поражения природных экосистем на территории городов максимальна [3 – 5]. В большинстве случаев площадь воздействия городской среды превосходит его территорию в 25-40 раз, окраинные территории оказываются загрязненными твердыми, жидкими и газообразными отходами, образованными на территориях жилой застройки и промышленных зон [1].

Такой подход к моделированию массообменных процессов является ключевым шагом в дальнейшем понимании экологических проблем и разработке практических мер по их устранению. Результаты данного исследования могут быть полезны как для местных властей, так и для экологических организаций, работающих в регионе. Дальнейшие исследования в этой области могут также включать оценку влияния гидротехнических сооружений, а также разработку новых технологий для улучшения экологической ситуации в данной реке и ее окрестностях. В целом, данная работа вносит важный вклад в изучение и управление

водными ресурсами, а также в сохранение экосистем водных объектов [6 – 8].

Для построения обобщающей функции выбран метод множественной регрессии [9, 10], позволяющий анализировать взаимосвязи между одной зависимой переменной и несколькими независимыми переменными.

Методы и методология исследования

Процесс сбора данных о физико-химических параметрах воды и донных отложений реки Силинка осуществлены путём анализа фондовых данных отчётов по результатам инженерно-экологических изысканий на территории г. Комсомольск-на-Амуре, в рамках которых осуществлялся отбор проб поверхностных вод, согласно ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» и донных отложений согласно ГОСТ 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность».

Всего было отобрано 6 проб поверхностных вод и 6 проб донных отложений из реки Силинка в разные фазы гидрологического цикла с февраля по декабрь 2022 года.

На основе собранных данных была построена модель массообменных процессов с использованием уравнения множественной регрессии.

Метод множественной регрессии - это статистический метод, который используется для анализа взаимосвязи между одной зависимой переменной и двумя или более независимыми переменными. В этом методе зависимая переменная предсказывается на основе значений независимых переменных.

Для проведения множественной регрессии необходимо собрать данные по зависимой и независимым переменным, а затем построить математическую модель, которая определяет, как независимые переменные влияют на зависимую переменную. Модель множественной регрессии

выражается в виде уравнения, которое позволяет предсказывать значения зависимой переменной на основе значений независимых переменных.

Для оценки качества модели множественной регрессии используются различные статистические показатели, такие как коэффициент детерминации, стандартная ошибка оценки, F-тест и другие. Эти показатели позволяют определить, насколько хорошо модель соответствует данным и насколько сильно независимые переменные влияют на зависимую переменную.

Полученные данные и их обсуждение

Для построения модели были выбраны следующие факторы, влияющие на изучаемый процесс:

1. Концентрация валовой формы цинка в воде (X1);
2. Гранулометрический состав донных отложений (сумма фракций менее 0,01 мм, X2);
3. Водородный показатель воды рН (X3);
4. Биохимическое потребление кислорода 5-ти дневное (БПК5, X4);
5. Коэффициент Шези (X5).

Также приведено фактическое содержание валовой формы цинка в донных отложениях. Все вышеуказанные данные приведены в таблице 1.

Таблица № 1

Исходные данные для построения модели

Месяцы	Концентрация ЗВ в воде (X1)	Гранулометрический состав донных отложений (X2)	рН (X3)	БПК5 (X4)	Коэффициент Шези (X5)	Фактическое содержание ЗВ в донных отложениях
1	2	3	4	5	6	7
Февраль	0,01	12,24	6,3	1,7	16,79	147,8
Апрель	0,005	5,03	6,6	1,9	23,51	74,5
Июнь	0,044	9,49	7	6,5	25,99	420,1
Август	0,025	4,4	7,1	5,8	24,57	172
Октябрь	0,022	5,25	7,3	4,9	22,82	145
Декабрь	0,005	8,75	7	1,3	10,27	42

Необходимо найти расчётное содержание валовой формы цинка в донных отложениях (Y), в ходе решения уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = 603,3989 + 15306,7078X_1 - 4,1158X_2 - 79,1088X_3 - 44,2672X_4 + 0,9143X_5.$$

В таблице 2 приведены фактические данные о содержании загрязняющего вещества (ЗВ) и расчётные значения, полученные с помощью вычисленного уравнения регрессии, относительная погрешность составляет менее 0,01 %, что может говорить о высокой точности полученной модели.

Таблица № 2

Сравнение расчётных и фактических значений

Фактическое содержание ЗВ в донных отложениях	Расчётное содержание ЗВ в донных отложениях в мг/кг	Отклонения расчётных значений от фактических, %
147,8	147,81	0,0000020
74,5	74,49	-0,0008081
420,1	420,09	-0,0001528
172	171,99	-0,0004733
145	144,99	-0,0004637
42	42,01	0,0002143

Также анализируя полученную модель можно сделать вывод о наибольшем влиянии на целевую функцию фактора X1 - концентрация ЗВ в воде, что говорит о его прямом воздействии на процесс аккумуляции поллютанта в донных отложениях. Наименьшее влияние на расчётное содержание ЗВ в донных отложениях оказывает фактор X5 коэффициент Шези, учитывающий гидрологические характеристики исследуемого водного объекта. Такое небольшое воздействие может быть обусловлено тем, что изучаются данные одного участка ре реки Силинка.

Множественная регрессия широко используется в моделировании природных процессов. Модель позволяет определить тесноту связи каждого фактора с результирующим.

Может использоваться для прогнозирования и контроля над ситуацией. Множественная линейная регрессия — это один из основных методов анализа данных, который позволяет оценить связь между зависимой переменной и набором независимых переменных. Этот метод является мощным инструментом для прогнозирования и моделирования, и его применение может быть особенно полезным при работе с большим количеством переменных и сложными взаимосвязями.

Литература

1. Богданов Н.А., Бармин А.Н., Иолин М.М. Анализ микроэлементного состава почвогрунта при диагностике изменчивости состояния урбанизированных территорий // Проблемы региональной экологии. – 2011. – № 4. – С. 76-81 с..
2. Природные и антропогенные геосистемы города. URL: studref.com/646942/ekologiya/prirodnye_antropogennye_geosistemy_goroda/ (дата обращения 08.05.2023).
3. Город как экосистема: природные и антропогенные компоненты.. URL: studfile.net/preview/9390591/page:2/ (дата обращения 8.05.2023).
4. Курбатов В.В., Стрекалов С.Д. Окружающая среда под воздействием автотранспорта в Прибрежной зоне города Волгограда // Инженерный вестник Дона, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8899.
5. Кошкарев К.С, Кошкарев С.А., Батаев Д.К-С., Курасов А.Н., Лясин Р.А. К определению дисперсного состава частиц твердых ингредиентов в воздушной среде и оценке величины концентрации пыли на неорганизованных источниках выбросов в атмосферу

электросталеплавильного цеха // Инженерный вестник Дона, 2023, №12.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8879.

6. Толкачёв Г. Ю. Методология натуральных исследований массообмена тяжёлых металлов в системе «Вода-донные отложения» // МНИЖ. 2014. №10-3 (29). URL: cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-naturalnyh-issledovaniy-massoobmena-tyazhyolyh-metallov-v-sisteme-voda-donnye-otlozheniya (дата обращения: 28.12.2023).

7. Решетняк О.С., Косменко Л.С., Коваленко А.А. Антропогенная нагрузка и качество воды на замыкающих створах рек Арктической зоны России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2022. №3. URL: cyberleninka.ru/article/n/antropogennaya-nagruzka-i-kachestvo-vody-na-zamykayuschih-stvorah-rek-arkticheskoy-zony-rossii (дата обращения: 06.01.2024).

8. Liu M. et al. Accumulation and transformation of heavy metals in surface sediments from the Yangtze River estuary to the East China Sea shelf // *Environmental pollution*. – 2019. – V. 245. – P. 111-121.

9. Галочкин В.Т., Латыш А.Р. Исследование уравнения множественной линейной регрессии // *Хроноэкономика*. 2017. №5 (7). URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-uravneniya-mnozhestvennoy-lineynoy-regressii (дата обращения: 27.12.2023).

10. Bottenberg R. A., Ward J. H. Applied multiple linear regression. – 6570th Personnel Research Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, Lackland Air Force Base, 1963. – V. 63. – No. 6 – P. 64-76.

References

1. Bogdanov N.A., Barmin A.N., Iolin M.M. Analiz mikroelementnogo sostava pochvogrunta pri diagnostike izmenchivosti sostoyaniya urbanizirovannykh territorij [Analysis of microelement composition of soil in the diagnosis of variability of the state of urbanized territories] 2011. No. 4. pp. 76-81.



2. Prirodny`e i antropogenny`e geosistemy` goroda. [Natural and anthropogenic geosystems of the city]. URL: studref.com/646942/ekologiya/prirodnye_antropogennye_geosistemy_goroda.
3. Gorod kak e`kosistema: prirodny`e i antropogenny`e komponenty` [The city as an ecosystem: natural and anthropogenic components]. URL: studfile.net/preview/9390591/page:2.
4. Kurbatov V.V., Strekalov S.D. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8899.
5. Koshkarev K.S., Koshkarev S.A., Bataev D.K.S., Kurasov A.N., Lyasin R.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023, No 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8879.
6. Tolkachev G. Yu. MNIZh. 2014. №10-3 (29). URL: cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-naturnyh-issledovaniy-massoobmena-tyazhyolyh-metallov-v-sisteme-voda-donnye-otlozheniya.
7. Reshetnyak O.S., Kosmenko L.S., Kovalenko A.A. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya. 2022. №3. URL: cyberleninka.ru/article/n/antropogennaya-nagruzka-i-kachestvo-vody-na-zamykayuschih-stvorah-rek-arkticheskoy-zony-rossii.
8. Liu M. et al. Environmental pollution. 2019. V. 245. pp. 111-121.
9. Galochkin V.T., Latysh A.R. Xronoe`konomika. 2017. No.5 (7). URL: cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-uravneniya-mnozhestvennoy-lineynoy-regressii.
10. Bottenberg R. A., Ward J. H. Applied multiple linear regression. 6570th Personnel Research Laboratory, Aerospace Medical Division, Air Force Systems Command, Lackland Air Force Base, 1963. V. 63. No. 6. pp. 64-76.

Дата поступления: 28.11.2023

Дата публикации: 13.01.2024