

УДК 504.4.054

## ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТОКСИКОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МАЛЫХ РЕК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Т.Р. Клевлеева, Л.В. Новикова, Н.Ю. Степанова, Д.А. Семанов*

### Аннотация

Статья содержит результаты проведенного комплексного исследования донных отложений малых рек нефтедобывающих районов Республики Татарстан и демонстрирует наличие факторов токсикогенной нагрузки как антропогенного происхождения (нефтепродукты), так и двойного генезиса (тяжелые металлы). Несмотря на отсутствие прямых корреляционных зависимостей между содержанием загрязняющих веществ и биотическим ответом, применение статистических методов позволило разделить совокупность полученных данных по токсикологическим откликам на шесть классов и выделить преобладающие факторы токсикогенной нагрузки в каждом. Наибольший вклад в отмеченный токсикологический отклик вносят совокупное действие металлов (кадмия, свинца, хрома, никеля, меди и цинка) и суммарное содержание нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** донные отложения, токсичность, тяжелые металлы, нефтепродукты.

### Введение

Донные отложения являются хорошим индикатором пролонгированного загрязнения водотоков, относительная стабильность химического состава позволяет использовать их в качестве показателя антропогенной нагрузки. Будучи конечным звеном местных ландшафтных сопряжений, отложения рек по своему составу отражают как геохимические особенности водосборных территорий, так и влияние антропогенной деятельности в регионе.

Хорошо известно, что оценка воды и донных отложений по химическому составу не может в полной мере отражать экологическое состояние водной экосистемы, так как определяемые вещества и элементы в природных условиях находятся в динамической взаимосвязи друг с другом, по-разному аккумулируются и характеризуются разными формами биодоступности.

Однако многокомпонентность структуры донных отложений и сложность происходящих в них процессов затрудняют выявление зависимостей между химическими показателями и токсикологической характеристикой, поскольку на проявление токсичности влияет вся совокупность элементов и веществ, а также их соотношение и форма нахождения.

Цель настоящей работы – выявить факторы формирования токсических эффектов загрязняющих веществ в донных отложениях малых рек Новошешеминского и Черемшанского районов Республики Татарстан (РТ).

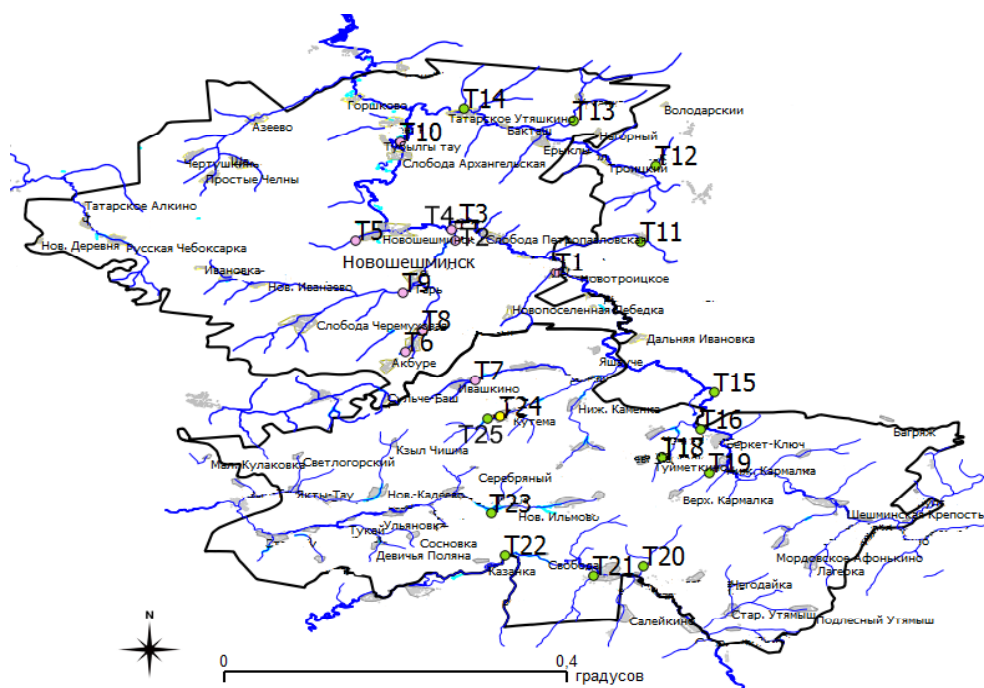


Рис. 1. Карта с указанием мест отбора проб донных отложений

### Материалы и методы

Пробы донных отложений (ДО) были отобраны в нефтедобывающих районах (Новошешминском и Черемшанском) РТ в летний период 2010–2011 гг. с помощью дночерпателя Петерсона. Места отбора проб указаны на рис. 1.

Содержание металлов (Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb) определяли на пламенном атомно-абсорбционном спектрометре Aanalyst 200 Perkin-Elmer [1]. Нефтепродукты определяли методом ИК-спектроскопии на анализаторе нефтепродуктов АН-2 (ООО «Нефтехимавтоматика-СПб», г. Санкт-Петербург) [2]. Содержание органического вещества рассчитывали по потерям при прокаливании [3].

Токсичность оценивали в хронических экспериментах на тест-объектах из разных таксономических групп: *Paramecium caudatum*, *Chlorella vulgaris* [4], *Daphnia magna* [5].

Для выявления значимых отличий токсикологических откликов от контроля использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Ассоциации металлов определяли по критерию согласованности Кендалла – Бебингтона Смита [6, 7].

### Результаты и их обсуждение

**Химический состав донных отложений.** Одним из факторов, определяющих способность ДО аккумулировать металлы и органические загрязняющие вещества, является содержание органического вещества, которое колебалось в пределах 1.9% – 10.9% и в среднем составило  $(6.5 \pm 2.0)\%$ , что позволяет их

Табл. 1

## Химический состав донных отложений (мг/кг)

Ингредиент	Mn	Fe*	Cu	Zn	Ni	Cr	Cd	Pb	Нефтепродукты	Содержание органического веществ**
Фон	742	21.4	17.5	44	48	171	0.63	22.2	55.4	7.3
1	530 ± 47	23.0 ± 1.8	18.1 ± 1.9	45 ± 6	35 ± 4	70 ± 9	0.2 ± 0.03	10.0 ± 2.0	32.5 ± 14.2	10.2 ± 1.1
2	430 ± 34	22.5 ± 1.9	14.5 ± 1.9	33 ± 5	34 ± 5	60 ± 8	0.22 ± 0.04	8.0 ± 1.7	40.0 ± 9.6	7.4 ± 0.8
3	500 ± 43	20.3 ± 2.0	16.8 ± 2.0	31 ± 5	33 ± 4	55 ± 7	0.25 ± 0.04	11.1 ± 2.0	49.9 ± 19.7	7.3 ± 0.8
4	480 ± 34	1.9 ± 0.2	13.2 ± 1.7	33 ± 4	31 ± 3	63 ± 9	0.25 ± 0.03	7.2 ± 1.2	37.2 ± 13.9	5.5 ± 0.6
5	450 ± 27	16.3 ± 1.8	17.4 ± 2.5	41 ± 5	39 ± 7	90 ± 12	0.3 ± 0.05	13.0 ± 2.0	22.9 ± 10.3	6.0 ± 0.7
6	150 ± 16	7.3 ± 0.9	5.1 ± 0.6	12 ± 2	15 ± 2	35 ± 5	0.3 ± 0.04	0.8 ± 0.1	57.0 ± 1.8	4.8 ± 0.5
7	480 ± 43	19.0 ± 1.7	17.3 ± 2.1	46 ± 6	38 ± 8	85 ± 12	0.37 ± 0.05	8.0 ± 1.1	20.3 ± 0.8	10.5 ± 1.2
8	350 ± 32	20.8 ± 1.8	14.9 ± 1.9	32 ± 2	30 ± 4	53 ± 6	0.35 ± 0.05	11.3 ± 1.6	24.9 ± 6.7	10.9 ± 1.2
9	480 ± 29	19.0 ± 2.0	15.4 ± 1.5	34 ± 5	35 ± 5	73 ± 10	0.37 ± 0.06	9.0 ± 1.2	30.0 ± 13.2	6.2 ± 0.7
10	280 ± 25	19.8 ± 1.6	18.2 ± 2.5	37 ± 6	40 ± 4	80 ± 11	0.22 ± 0.03	10.8 ± 1.5	30.0 ± 14.6	2.0 ± 0.2
11	510 ± 36	16.2 ± 1.4	19.9 ± 2.7	48 ± 6	63 ± 8	213 ± 25	0.5 ± 0.07	19.0 ± 2.9	110.0 ± 6.8	4.7 ± 0.5
12	690 ± 75	19.2 ± 1.8	16.6 ± 2.2	36 ± 5	45 ± 6	168 ± 21	0.65 ± 0.08	16.5 ± 2.5	61.3 ± 18.4	4.0 ± 0.4
13	600 ± 66	13.6 ± 1.1	13.4 ± 1.8	33 ± 4	36 ± 5	140 ± 19	0.45 ± 0.06	16.2 ± 2.0	84 ± 3.4	4.4 ± 0.5
14	570 ± 34	48.0 ± 4.3	18.5 ± 2.1	42 ± 5	37 ± 4	180 ± 23	0.43 ± 0.05	15.9 ± 2.7	241.5 ± 15.8	2.6 ± 0.3
15	810 ± 49	18.0 ± 2.0	20.4 ± 2.5	36 ± 5	48 ± 7	150 ± 19	0.63 ± 0.08	23.0 ± 3.2	228.2 ± 47	4.1 ± 0.5
16	630 ± 50	21.6 ± 3.0	19.7 ± 2.7	45 ± 6	54 ± 7	180 ± 23	0.48 ± 0.06	22.1 ± 3.0	110.7 ± 7.1	5.1 ± 0.6
17	3300 ± 395	34.2 ± 4.4	19.2 ± 2.0	60 ± 8	63 ± 8	200 ± 25	0.65 ± 0.09	20.4 ± 2.5	91.7 ± 1.9	6.8 ± 0.8
18	750 ± 82	21.6 ± 3.0	22.3 ± 3.1	48 ± 7	57 ± 9	190 ± 17	0.65 ± 0.08	25.4 ± 3.0	73.4 ± 12.9	7.1 ± 0.8
19	570 ± 48	20.4 ± 2.1	17.6 ± 2.5	42 ± 6	45 ± 5	180 ± 20	0.55 ± 0.09	20.5 ± 2.8	29.7 ± 1	9.5 ± 1
20	240 ± 14	17.3 ± 1.8	17.0 ± 1.8	42 ± 5	45 ± 7	180 ± 27	0.58 ± 0.1	21.4 ± 3.2	41.3 ± 1.1	7.5 ± 0.8
21	1200 ± 108	20.8 ± 2.3	18.3 ± 2.3	51 ± 7	54 ± 7	200 ± 16	0.65 ± 0.1	24.5 ± 4.5	29.7 ± 1	8.4 ± 0.9
22	750 ± 67	18.0 ± 2.5	12.8 ± 1.7	30 ± 4	39 ± 5	140 ± 19	0.65 ± 0.1	22.0 ± 2.9	35.3 ± 1	5.5 ± 0.6
23	690 ± 48	22.8 ± 3.2	16.2 ± 2.3	39 ± 4	42 ± 4	170 ± 20	0.5 ± 0.06	19.2 ± 2.5	27.2 ± 1.8	7.9 ± 0.9
24	930 ± 88	17.2 ± 2.9	12.1 ± 1.8	30 ± 4	36 ± 5	130 ± 15	0.6 ± 0.07	23.3 ± 3.1	29.7 ± 1	3.9 ± 0.4
25	420 ± 33	16.2 ± 2.2	13.9 ± 1.9	36 ± 5	39 ± 6	130 ± 17	0.48 ± 0.07	20.5 ± 2.9	55.2 ± 36.5	10.2 ± 1.1

Примечание: \* содержание в г/кг; \*\* содержание в %.

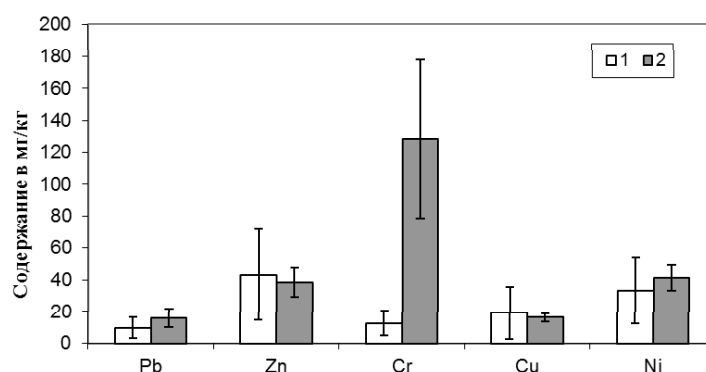


Рис. 2. Сравнение содержания металлов в донных отложениях Куйбышевского водохранилища (1) и малых рек Новошешминского и Черемшанского районов (2)

отности к пескам заиленным по классификации Курдина [8]. Полученные характеристики согласуются с данными, приведенными в литературе [9], относительно содержания органического вещества в донных отложениях озер РТ.

Для оценки содержания металлов и нефтепродуктов в донных отложениях исследованных рек проводили сравнение с фоновыми значениями, рассчитанными как верхний доверительный интервал [10] по формуле

$$C_{\phi} = C_{cp} + \delta \cdot t_{St} / \sqrt{n},$$

где  $C_{\phi}$  – фоновое значение;  $C_{cp}$  – среднее значение;  $\delta$  – среднее квадратичное отклонение;  $t_{St}$  – значение коэффициента Стьюдента;  $n$  – число проб.

Более 62% исследованных образцов имели превышения содержания металлов и нефтепродуктов относительно фоновых значений. Сравнение химического состава ДО малых рек и Куйбышевского водохранилища [11] показало, что по элементному составу они находятся в одних интервалах (рис. 2). Исключение составляет хром, содержание которого в малых реках выше, что, по-видимому, связано с терригенным фактором его накопления в донных отложениях.

Исследованные районы характеризуются активной нефтедобычей, что приводит к поступлению нефти в реки с последующей ее аккумуляцией в ДО. Как показал проведенный анализ, содержание нефтепродуктов в ДО исследованных районов варьировало в широких пределах: от 20 до 552 мг/кг (в среднем  $84 \pm 66$ ), большое значение коэффициента вариации (75%) указывает на неравномерное, преимущественно локальное распространение загрязнения.

Использование критерия согласованности Кендалла – Бебингтона Смита выявило наличие ассоциаций металлов Zn–Ni–Cu ( $R = 0.79-0.84$ ) и Cd–Pb ( $R = 0.86$ ) (рис. 3). Ассоциация металлов Zn–Ni–Cu была отмечена и для ДО Куйбышевского водохранилища [12], что может характеризовать геохимические особенности региона. Что касается ассоциации Cd–Pb, она, по-видимому, связана с высоким родством данных металлов к природным адсорбентам, приводящим к их седиментации со взвесями [13].

**Токсикологическая характеристика донных отложений.** Токсикологическое исследование позволяет выявить причинно-следственные связи между уровнем загрязнения и биотическим ответом. Сильное пролонгированное действие

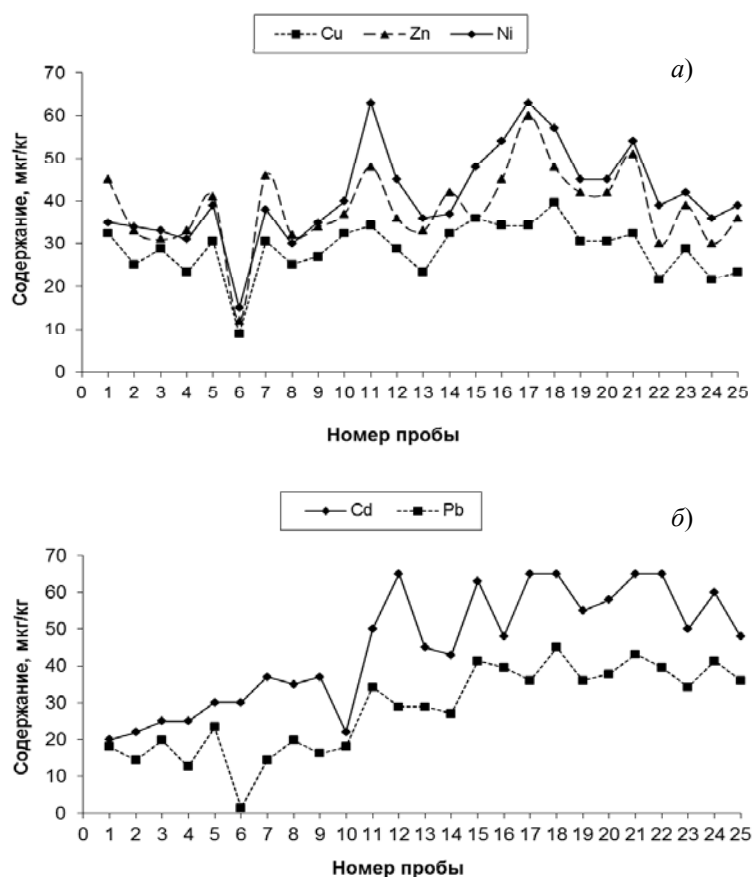


Рис. 3. Ассоциации металлов Cu–Zn–Ni (а) и Cd–Pb (б) в исследованных донных отложениях

токсикантов в составе ДО проявилось на ветвистоусых рачках *Daphnia magna*: во всех пробах наблюдалось снижение плодовитости рачков при высоком уровне выживаемости.

Проявление токсического действия на инфузориях *Paramecium caudatum* и водорослях *Chlorella vulgaris* варьировало в широком диапазоне: от стимулирования роста до его угнетения (рис. 4, б).

Для выявления факторов формирования отмеченного токсического проявления загрязняющих веществ в составе ДО был проведен кластерный анализ, который позволил выделить классы со сходными сочетаниями токсикологических откликов (рис. 4, а):

1) слабое стимулирующее действие на водорослях (< 20%), слабое токсическое действие на инфузориях (< 20%), высокий уровень ингибирования репродукции дафний (> 95%);

2) отсутствие токсичности на водорослях, умеренный уровень токсичности на инфузориях (< 40%), высокий уровень подавления плодовитости рачков (> 80%);

3) небольшое токсическое действие на водорослях (< 20%), высокий уровень токсичности на инфузориях (> 51%), высокий уровень ингибирования плодовитости дафний (> 80%);

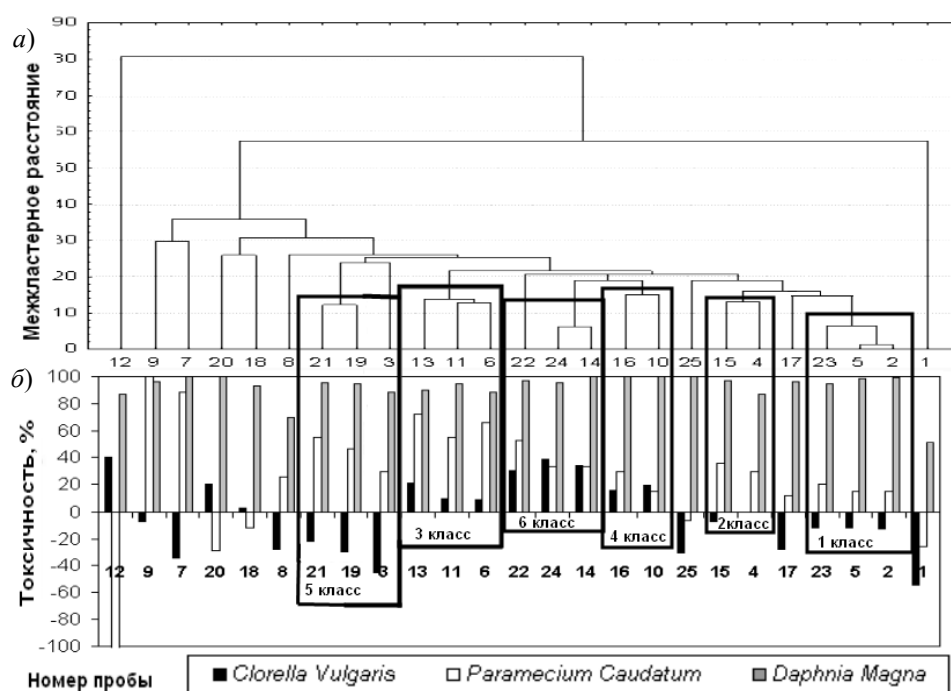


Рис. 4. Разделение данных по токсикологическим откликам на кластерные классы: а) дендрограмма кластеризации данных химического состава; б) показатели токсичности проб

4) слабое токсическое действие на водорослях и инфузориях (< 20%), полное подавление репродукции дафний (100%);

5) стимулирующий эффект на водорослях, средний уровень токсичности на инфузориях (> 51%), высокий уровень токсичности на дафниях (> 95%);

6) средний уровень токсичности на водорослях и инфузориях (> 31%), высокий уровень токсичности на дафниях (95%).

Имеющиеся данные по химическому составу ДО и их разделение на классы по токсикологическому отклику были использованы в качестве обучающей выборки для дискриминантного анализа. Качество распознавания характеризуется достаточно высокими значениями вероятностей отнесения к классу (табл. 2), что позволяет с большой точностью прогнозировать биотический ответ и, следовательно, оценивать потенциальную токсикологическую опасность по данным химического мониторинга донных отложений.

Проведенный факторный анализ выявил преобладание совокупного токсического действия металлов во всех выделенных классах, в то время как нефтепродукты отвечают за разделение данных по токсикологическому ответу только в 1, 3 и 6 классах (табл. 2).

Таким образом, проведенное комплексное исследование ДО малых рек нефтедобывающих районов выявило наличие факторов токсикогенной нагрузки как антропогенного происхождения (нефтепродукты), так и двойного генезиса (тяжелые металлы). Несмотря на то что прямых корреляционных зависимостей между содержанием загрязняющих веществ и биотическим ответом выявлено не было, применение статистических методов позволило разделить совокупность

Табл. 2

Преобладающие загрязняющие вещества, ответственные за формирование кластерных классов

Кластерный класс	Наименование загрязняющих веществ	Вероятность отнесения к классу
1	Mn, Cr, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Ni, нефтепродукты	0.39–0.94
2	Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb	0.99
3	Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, нефтепродукты	0.81–0.99
4	Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb	0.81–0.99
5	Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb	0.64–0.95
6	Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Pb, нефтепродукты	0.99

полученных данных по токсикологическим откликам на 6 классов и выделить преобладающие факторы токсикогенной нагрузки в каждом. Наибольший вклад в отмеченный токсикологический отклик вносят совокупное действие металлов (кадмия, свинца, хрома, никеля, меди и цинка) и суммарное содержание нефтепродуктов.

### Заключение

Проведенное комплексное исследование ДО малых рек Новошешминского и Черемшанского районов РТ выявило наличие факторов токсикогенной нагрузки как антропогенного происхождения (нефтепродукты), так и двойного генезиса (тяжелые металлы). Повышенное содержание нефтепродуктов обусловлено их накоплением в донных отложениях при утечках и порывах нефтепроводов. Присутствие меди, цинка, никеля, кобальта, кадмия и свинца не выходит за пределы, отмеченные для донных отложений Куйбышевского водохранилища, что свидетельствует о принадлежности к общей геохимической провинции. Показано наличие ассоциаций металлов Zn–Ni–Cu и Cd–Pb, которые вносят существенный вклад в формирование интенсивности токсических эффектов и демонстрируют синергетическое действие совместно с нефтепродуктами.

Несмотря на то что прямых корреляционных зависимостей между содержанием загрязняющих веществ и биотическим ответом не выявлено, применение статистических методов позволило разделить совокупность полученных данных по токсикологическим откликам на 6 классов с выделением преобладающих факторов токсикогенной нагрузки в каждом. Использование в работе данных кластеризации наряду с обучающей выборкой дискриминантного анализа позволяет с высокой вероятностью спрогнозировать биотический ответ для оценки токсикологической опасности донных отложений по данными химического мониторинга.

### Литература

1. РД 52.18.191-89 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – М., 1990. – 32 с.

2. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. – М., 1998. – 16 с.
3. *Deckere E., Cooman W., Florus M., Devroede-Vander Linder M.P.* Characterizing the sediments of Flemish Watercourses: a Manual produced by TRIAD. – Brussels: AMINAL-Department Water, 2000. – 110 p.
4. Временное методическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти). – М.: РЭФИА, НИА – Природа, 2002. – 138 с.
5. Standard methods for measuring the toxicity of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates. Method E1706-95b // Annual Book of ASTM Standards. – Philadelphia, PA, 1996. – V. 11.05. – P. 1176–1258.
6. *Боровиков В.Л., Боровиков И.П.* Statistica – статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Инф. изд. дом «Филинь», 1997. – 608 с.
7. *Кобзарь А.И.* Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
8. *Курдин В.П.* Классификация и распределение грунтов Рыбинского водохранилища // Труды Ин-та биологии водохранилищ. – 1959. – Вып. 1/4. – С. 25–37.
9. *Иванов Д.В., Зиганин И.И., Осмелкин Е.В.* Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях озер Республики Татарстан // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2010. – Т. 152, кн. 1. – С. 185–191.
10. РД 52.24.622-2001 Методические указания. Проведение расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков. – М., 2002. – 52 с.
11. *Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Анохина О.К.* Экологическое нормирование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях // Проблемы региональной экологии. – 2007. – № 4. – С. 40–47.
12. *Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Яковлев В.А.* Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос и бентосоядные рыбы. – Казань: ФЭН, 2004. – 327 с.
13. *Линник Л.П., Набиванец Б.И.* Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 270 с.

Поступила в редакцию  
15.01.13

---

**Клевлеева Тамил Ринатовна** – аспирант кафедры прикладной экологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [ta-mik\\_5@mail.ru](mailto:ta-mik_5@mail.ru)

**Новикова Людмила Викторовна** – аспирант кафедры прикладной экологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [ljudmila\\_88@list.ru](mailto:ljudmila_88@list.ru)

**Степанова Надежда Юльевна** – доктор биологических наук, профессор кафедры прикладной экологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет; профессор кафедры промышленной экологии, Казанский национальный исследовательский технический университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [step090660@yandex.ru](mailto:step090660@yandex.ru)

**Семанов Дмитрий Александрович** – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной экологии, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: [dsemanov@ksu.ru](mailto:dsemanov@ksu.ru)



\* \* \*

**THE FACTORS OF FORMATION OF TOXICOLOGICAL LOAD IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL RIVERS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN***T.R. Klevleeva, L.V. Novikova, N.Yu. Stepanova, D.A. Semanov***Abstract**

This article presents the results of a comprehensive chemical and toxicological research on the bottom sediments of small rivers in the oil-producing regions of the Republic of Tatarstan and demonstrates the presence of the determinative factors of toxicological load of both anthropogenic origin (oil products) and double genesis (heavy metals). Despite the lack of direct correlation between the content of polluting substances and the biotic response, the application of statistical methods made it possible to divide all the data into six classes according to the toxicological responses and to determine predominant factors of toxicological load in each one. The cumulative action of metals (cadmium, lead, chrome, nickel, copper, and zinc) and the total content of oil products make the greatest contribution to the mentioned toxicological response.

**Keywords:** bottom sediments, toxicity, heavy metals, oil products.

**References**

1. Regulatory Document 52.18.191-89. A method for measuring mass fraction of acidsoluble forms of metals (copper, lead, zinc, nickel, cadmium) in soil samples by atomic absorption analysis. Moscow, 1990. 32 p. (In Russian)
2. PND F 16.1:2.2.22-98. A method for measuring mass fraction of oil products in soils and bottom sediments by IR- spectrometry. Moscow, 1998. 16 p. (In Russian)
3. Deckere E., Cooman W., Florus M., Devroede-Linder Vander M.P. Characterizing the sediments of Flemish Watercourses: A manual produced by TRIAD. Brussels, AMINAL-Department Water, 2000. 110 p.
4. Provisional methodological guidelines on standardization of the levels of chemicals content in bottom sediments of surface water bodies (using the example of oil). Moscow, REFIA, NIA – Priroda, 2002. 138 p. (In Russian)
5. Standard methods for measuring the toxicity of sediment-associated contaminants with freshwater invertebrates. Method E1706-95b. *Annual Book or ASTM Standards*. Philadelphia, PA, 1996, vol. 11.05, pp. 1176–1258.
6. Borovikov V.L., Borovikov I.P. *Statistica – statistical analysis and data processing in Windows*. Moscow, Informatsionno-izd. dom “Philin”, 1997. 608 p. (In Russian)
7. Kobzar A.I. *Applied mathematical statistics*. Moscow, Fismatlit, 2006. 816 p. (In Russian)
8. Kurdin V.P. Classification and distribution of soils in the Rybinsk Reservoir. *Trudy Instituta biologii vodokhranilishch* [Proc. Inst. Biol. Reservoirs], 1959, no. 1/4, pp. 25–37. (In Russian)
9. Ivanov D.V., Ziganshin I.I., Osmelkin E.V. Regional background concentrations of metals in bottom sediments of lakes in the Republic of Tatarstan. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2010, vol. 152, no. 1, pp. 185–191. (In Russian)
10. Regulatory Document 52.24.622-2001. Calculations of background concentration of chemicals in water of watercourses. Moscow, 2002. 52 p. (in Russian)
11. Stepanova N.Yu., Latypova V.Z., Anokhina O.K. Ecological standardization of pollution concentration in bottom sediments. *Problemy regionalnoi ekologii*, 2007, no. 4, pp. 40–47. (In Russian)
12. Stepanova N.Yu., Latypova V.Z., Yakovlev V.A. The ecology of the Kuibishev Reservoir: bottom sediments, benthos, and bottom-feeding fish. Kazan, FEN, 2004. 327 p. (In Russian)
13. Linnik L.P., Nabivanets B.I. Patterns of migration of metals in fresh surface water. Leningrad, Gidrometizdat, 1986. 270 p. (In Russian)

Received  
January 15, 2013

**Klevleeva Tamila Rinatovna** – PhD Student, Department of Applied Ecology, Institute of Ecology and Geography, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *ta-mik\_5@mail.ru*

**Novikova Lyudmila Victorovna** – PhD Student, Department of Applied Ecology, Institute of Ecology and Geography, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *ljudmila\_88@list.ru*

**Stepanova Nadezhda Yulevna** – Doctor of Biology, Professor, Department of Applied Ecology, Institute of Ecology and Geography, Kazan Federal University; Professor, Department of Industrial Ecology, Institute of Aviation, Land Vehicles and Energetics, Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia.

E-mail: *step090660@yandex.ru*

**Semanov Dmitrii Aleksandrovich** – PhD in Chemistry, Associate Professor, Department of Applied Ecology, Institute of Ecology and Geography, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *dsemanov@ksu.ru*