



ЭКОЛОГИЯ

УДК 502.51:504.5

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ, ПРОЦЕССОВ НИТРИФИКАЦИИ И САМООЧИЩЕНИЯ ОТ ИОНОВ АММОНИЯ В МАЛОМ ВОДОТОКЕ ИЛЕВНЫ

А. Ю. Шаров, С. М. Чеснокова, Т. А. Трифонова

Шаров Алексей Юрьевич, аспирант кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых. E-mail: Sharov.biolog@yandex.ru

Чеснокова Светлана Михайловна, кандидат химических наук, профессор кафедры биологии и экологии, Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых. E-mail: Chesnokova.chemist@mail.ru

Трифопова Татьяна Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры географии почв, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. E-mail: tatrifon@mail.ru

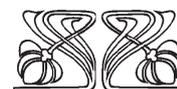
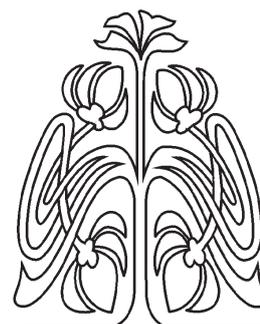
В работе представлены данные по содержанию в воде р. Илевны основных анионов и катионов, тяжёлых металлов и ионов аммония в донных отложениях. Установлено, что большинство исследованных показателей находится в рамках их предельно допустимых концентраций. Превышения этих значений регистрировались по четырём параметрам. По фосфатам превышение предельно допустимой концентрации установлено в истоке. По фторид-иону превышение норматива выявлено в точке отбора, расположенной выше впадения р. Картын. По железу предельно допустимые значения превышены в устье реки Илевна. Превышение предельно допустимой концентрации по меди выявлено в зоне влияния д. Лазорево, выше впадения р. Мокрой и устьевом створе. Дана оценка токсичности воды по величине агрегационного индекса и процессов самоочищения по величине индекса нитрификации в экосистеме водотока. Показано, что воды р. Илевны характеризуются отсутствием токсичности почти на всём её протяжении. Слабая токсичность воды регистрировалась только после впадения р. Унулка. Установлено, что самоочищающая способность реки варьирует от очень низкой до высокой. Это обусловлено особенностями гидрологического режима водотока в местах отбора проб, а также может быть связано с синергетическими эффектами различных сочетаний тяжёлых металлов и биогенных элементов. На большей части своего протяжения водоток характеризуется средней самоочищающей способностью. Изучены корреляционные зависимости между индексом нитрификации и некоторыми компонентами воды. Хорошие положительные корреляции выявлены между индексом нитрификации и сульфат-ионом. Отрицательные корреляции установлены у индекса нитрификации с железом и калием.

Ключевые слова: основные анионы и катионы, токсичность воды, самоочищающая способность, корреляционные зависимости.

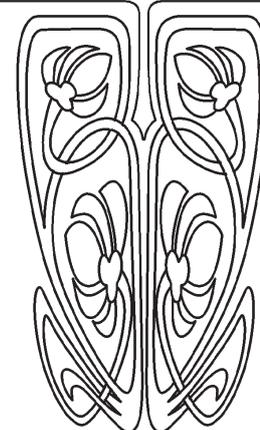
DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-4-469-474

Введение

Значительная часть малых рек Владимирской области испытывает постоянную антропогенную нагрузку, так как они являются основными приёмниками загрязняющих веществ (ЗВ), поступающих со сточными водами сельскохозяйственных и промышленных предприятий, коммунальных хозяйств, с талыми водами и ливнёвыми стоками с территорий населённых пунктов, а также с поверхностным стоком с пастбищ и сельхозугодий [1].



НАУЧНЫЙ
ОТДЕЛ





Кроме того, происходит вторичное загрязнение вод из донных отложений, длительно аккумулирующих ЗВ из водной фазы.

Основными компонентами указанных стоков являются соединения биогенных элементов, тяжёлые металлы, синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, что приводит к нарушению в них процессов самоочищения, к эвтрофикации и токсификации [2, 3]. В связи с этим представляла интерес оценка уровня загрязнения, токсичности процессов самоочищения в экосистеме малого водотока Илевны.

Объекты и методы

Илевна – левый приток р. Оки, длина водотока 41 км, площадь водосбора 861 км². Исток реки расположен у пос. Булатниково Муромского района Владимирской области, устье – у с. Карачарово. Бассейн водотока полностью располагается на территории Муромского Предочья – самой распаханной части Мещёрской провинции подтайги Русской равнины на территории Владимирской области. Верховья реки расположены почти в сплошь распаханной его северной части (рис. 1).

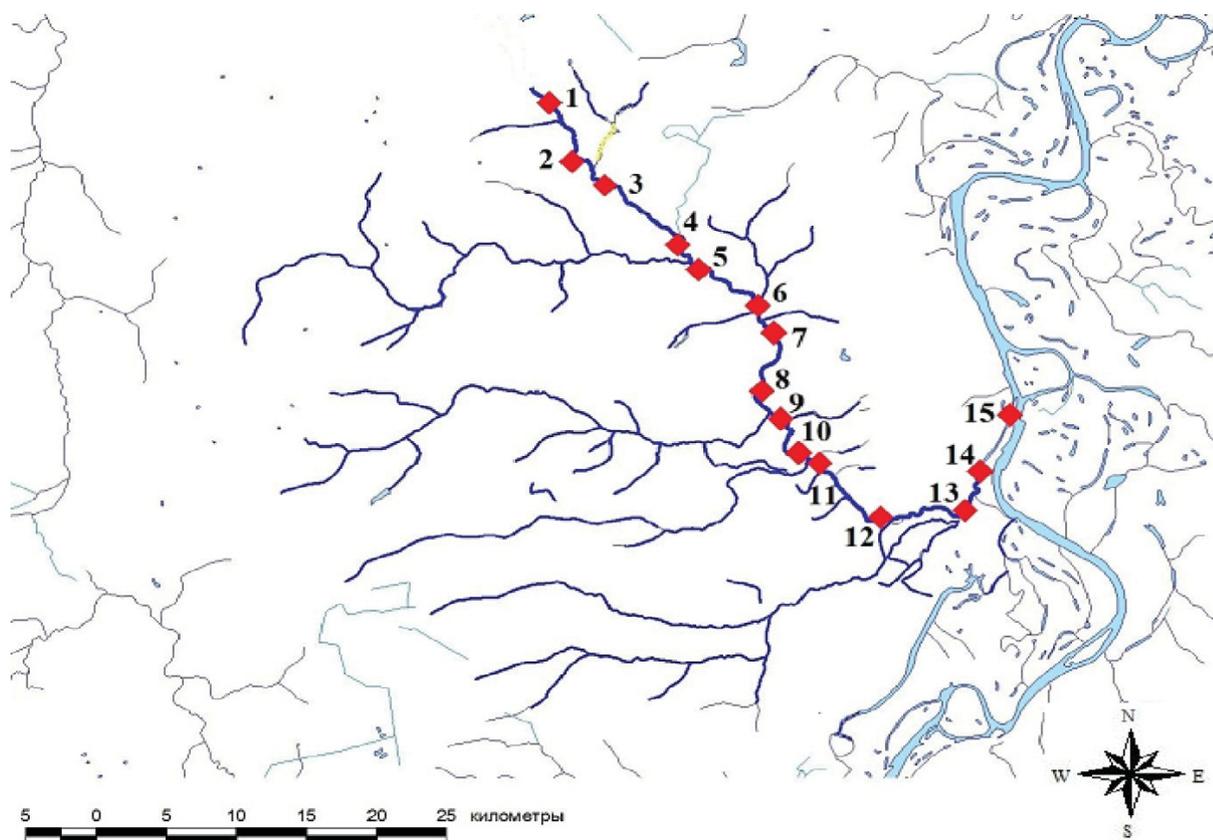


Рис. 1. Карта-схема мест отбора проб воды и донных отложений из р. Илевна: 1 – зона влияния с. Зимёнки; 2 – до вп. р. Унулка; 3 – после вп. р. Унулка; 4 – до вп. р. Картынь; 5 – после вп. р. Картынь; 6 – после вп. р. Коварда; 7 – зона влияния д. Лазарево; 8 – зона влияния д. Черемисино; 9 – после вп. р. Жерновка; 10 – зона влияния мкр. Вербовский; 11 – зона влияния МПЗ; 12 – до вп. р. Мокрая; 13 – после вп. р. Мокрая; 14 – зона влияния с. Панфилово; 15 – устье, (с. Карачарово)

Основными загрязнителями правых притоков реки являются стоки с сельхозугодий и сельских поселений. В пределах водосборных территорий притоков Жерновка и Чёрная располагается муниципальная свалка твердых бытовых отходов (ТБО) г. Муром. В р. Унулку – левый приток р. Илевны, поступают сточные воды очистных сооружений с. Зимёнки, приток Вербовка загрязняется стоками жилищно-коммунального

хозяйства и ливневой канализации мкр. Вербовский. В р. Илевну и её притоки поступают также сточные воды предприятий г. Мурома («Муромский приборостроительный завод» и завод «Муром-тепловоз»). Кроме перечисленных источников, значительный вклад в загрязнение водотока вносят стоки с многочисленных несанкционированных свалок ТБО, расположенных в пойме реки и по её берегам.



Отбор проб воды проводили по ГОСТ 51592 – 2000, донных отложений – по ГОСТ 17.1.5.01 – 80. Тяжёлые металлы в воде определяли атомно-абсорбционным методом с использованием прибора КВАНТ.З-ЭТА (РД 52.24.377-95). Содержание в воде основных катионов и анионов определяли с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-104Т» (ПНДФ 14.1.2:4.15-7-99). Содержание ионов аммония в донных отложениях определялось в их солевых вытяжках, экстрагированных 0,05М NaCl, фотометрически по интенсивности окрашивания йодистого ртутиаммония в щелочной среде (ПНДФ 14.1:2.1-95).

Самоочищающую способность экосистемы водотока оценивали по интенсивности процессов нитрификации в воде. Интенсивность процессов нитрификации $I_{нитр}$ определяли по отношению концентрации азота нитратного $N(NO_3^-)$ к концентрации азота общего минерального $N_{мин}$. [4].

$$I_{нитр} = N(NO_3^-) \cdot 100 / N_{мин}, \%$$

где $N_{мин} = N(NO_3^-) + N(NO_2^-) + N(NH_4^+)$.

Токсичность воды оценивали по величине агрегационного индекса $I_{агр}$ [5]:

$$I_{агр} = \sum \frac{C_i}{ПДК_i};$$

где C_i – концентрации в воде различных соединений азота, мг/дм³; ПДК_{*i*} – предельно допустимые концентрации (ПДК) этих соединений азота для водных объектов рыбохозяйственного значения, мг/дм³.

Способность к самоочищению от ионов аммония оценивали по [6].

Результаты и их обсуждение

Воды р. Илевны имеют нейтральную или слабощелочную реакцию, среднюю жёсткость (3,3–5,5 мольэкв/дм³), невысокий уровень загрязнения соединениями железа и характеризуются достаточно высоким содержанием ионов кальция и магния (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация основных катионов в воде и донных отложениях р. Илевны, мг/дм³

Места отбора проб*	Ca ²⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺ в ДО, мг/кг
1	11,2±0,4	0,17±0,019	1,49±0,03	4,60±0,01	20,42±0,65	2,01±0,17
2	48,0±0,8	0,15±0,053	0,97±0,10	3,52±0,15	17,76±0,54	3,40±0,21
3	48,8±3,1	0,12±0,012	0,81±0,09	3,50±0,09	17,95±0,47	2,47±0,19
4	56,3±6,6	0,22±0,015	1,20±0,27	4,67±0,12	18,05±0,37	2,62±0,20
5	50,8±1,2	0,21±0,019	1,07±0,07	3,80±0,03	18,30±0,48	2,14±0,20
6	46,8±2,4	0,30±0,042	1,87±0,01	4,61±0,06	14,63±0,30	3,17±0,24
7	47,6±0,5	0,14±0,048	1,90±0,17	7,86±2,17	15,22±0,26	3,47±0,26
8	48,5±3,6	0,16±0,067	1,82±0,09	6,90±0,12	14,95±0,32	2,08±0,21
9	49,1±3,6	0,17±0,026	1,76±0,09	6,47±0,08	14,67±0,27	1,93±0,11
10	52,8±1,4	0,17±0,029	1,66±0,11	8,23±0,26	17,15±0,08	2,61±0,16
11	53,4±5,0	0,19±0,044	1,91±0,08	11,08±0,20	18,84±0,59	2,37±0,13
12	56,9±1,7	0,19±0,053	1,56±0,13	10,65±0,07	19,34±0,90	2,98±0,17
13	56,6±0,6	0,15±0,018	1,77±0,06	11,35±0,12	18,73±0,14	2,16±0,10
14	55,6±2,9	0,16±0,098	1,59±0,07	12,37±0,19	18,43±0,72	2,72±0,14
15	58,2±6,8	0,22±0,061	1,97±0,19	12,65±1,39	18,94±3,21	1,76±0,08
ПДКр	180	0,5	50	120	40	

Примечание. *Места отбора проб воды и донных отложений отмечены на карте-схеме (см. рис. 1).

Из табл. 1 видно, что концентрации катионов в воде реки ниже рыбохозяйственных ПДК.

В табл. 2 представлены результаты определения концентрации основных анионов в воде реки.

Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что содержание большинства анионов ниже ПДКр. Превышение ПДК по фосфатам в истоке объясняется непосредственной близостью к

водотоку возделываемых угодий и их смывом в водоток поверхностными и тальными водами. Содержание фторидов немногим ниже уровня ПДК практически на всём протяжении водотока и его превышение в 4-метровом (до впадения р. Картынь) створе, по видимому, обусловлено их природным происхождением.

В табл. 3 представлены концентрации тяжёлых металлов в водах реки.



Таблица 2

Концентрация основных анионов в воде р. Илевны, мг/дм³

№ створа*	Хлориды	Сульфаты	Нитраты	Фториды	Фосфаты	Нитриты
1	10,74±0,38	5,19±2,00	0,02	0,14±0,01	0,28±0,12	–
2	9,16±0,31	33,53±8,30	11,61±1,22	0,67±0,05	0,10±0,06	0,03
3	9,99±0,10	38,91±2,03	11,26±1,52	0,70±0,01	0,08±0,01	0,06
4	10,23±0,11	40,79±3,84	5,33±0,53	0,76±0,15	0,08±0,03	0,01
5	5,18±0,22	18,36±0,30	4,18±0,13	0,70±0,03	0,12±0,02	–
6	7,16±0,15	19,86±1,33	3,00±0,33	0,57±0,03	0,10±0,05	0,01
7	11,97±0,82	21,21±1,34	2,97±0,39	0,59±0,01	0,11±0,05	–
8	11,67±1,01	22,81±3,00	3,31±0,46	0,60±0,03	0,10±0,01	0,01
9	10,50±0,50	19,63±1,31	3,46±0,38	0,59±0,02	0,11±0,02	–
10	11,46±0,54	25,70±2,76	5,83±0,38	0,67±0,03	0,12±0,04	–
11	12,85±0,40	30,62±3,41	5,97±1,62	0,70±0,01	0,15±0,01	0,04
12	12,46±0,19	30,82±2,92	3,90±0,51	0,68±0,02	0,16±0,01	–
13	14,93±0,42	31,04±2,27	4,92±0,70	0,72±0,03	0,13±0,01	–
14	18,91±0,29	33,78±1,14	4,28±0,14	0,71±0,03	0,16±0,05	–
15	16,23±0,65	33,77±1,37	3,25±0,17	0,70±0,01	0,17±0,04	–
ПДКр	300	100	40	0,75	0,2	0,08

Примечание. *Обозначения см. на рис. 1.

Таблица 3

Концентрация тяжёлых металлов в воде р. Илевны, мкг/дм³

№ створа*	Cr	Cu	Pb	As	Fe
1	0,22±0,02	0,58±0,05	0,92±0,09	1,23±0,12	31,53±3,05
2	1,39±0,09	0,36±0,03	0,21±0,02	1,19±0,12	13,59±1,30
3	1,02±0,08	0,38±0,04	0,59±0,59	0,95±0,08	27,70±2,48
4	0,28±0,02	0,59±0,06	0,30±0,03	0,89±0,09	80,02±7,87
5	0,66±0,05	0,24±0,02	0,26±0,02	0,86±0,08	26,67±2,42
6	0,34±0,03	0,97±0,10	0,50±0,05	0,73±0,07	70,54±7,01
7	0,22±0,02	1,55±0,10	0,36±0,03	0,63±0,05	73,62±6,89
8	0,38±0,04	0,45±0,04	0,20±0,02	0,77±0,07	46,14±4,39
9	0,34±0,03	0,05	0,19±0,02	0,86±0,07	34,23±3,11
10	0,29±0,03	0,33±0,03	0,20±0,02	1,01±0,09	39,37±3,53
11	0,27±0,03	0,29±0,03	0,38±0,04	0,91±0,09	29,93±2,66
12	0,44±0,04	1,07±0,09	2,82±0,03	0,84±0,07	60,18±5,84
13	0,35±0,03	0,64±0,05	2,14±0,02	0,63±0,06	78,14±7,25
14	0,29±0,02	0,65±0,06	1,65±0,13	0,75±0,07	71,92±6,40
15	0,61±0,06	1,49±0,10	2,12±0,19	1,01±0,10	104,39±9,29
ПДКр	70	1	6	50	100

Примечание. *Обозначения см. на рис. 1.

Данные табл. 3 показывают, что содержание в воде р. Илевны тяжёлых металлов также значительно ниже рыбохозяйственных ПДК. Только содержание меди в створах 7, 12 и 15, а также железа в устьевом створе превышают эти значения. Превышение меди в 7-й точке отбора вызвано влиянием притока Молондайка, в который посту-

пают промышленные сточные воды завода «Муром-тепловоз», в 12-й точке – влиянием сточных вод Муромского приборостроительного завода, в устьевом створе – влиянием с. Панфилово или вторичным загрязнением вод реки.

На рис. 2 представлена динамика агрегационного индекса в экосистеме р. Илевны.

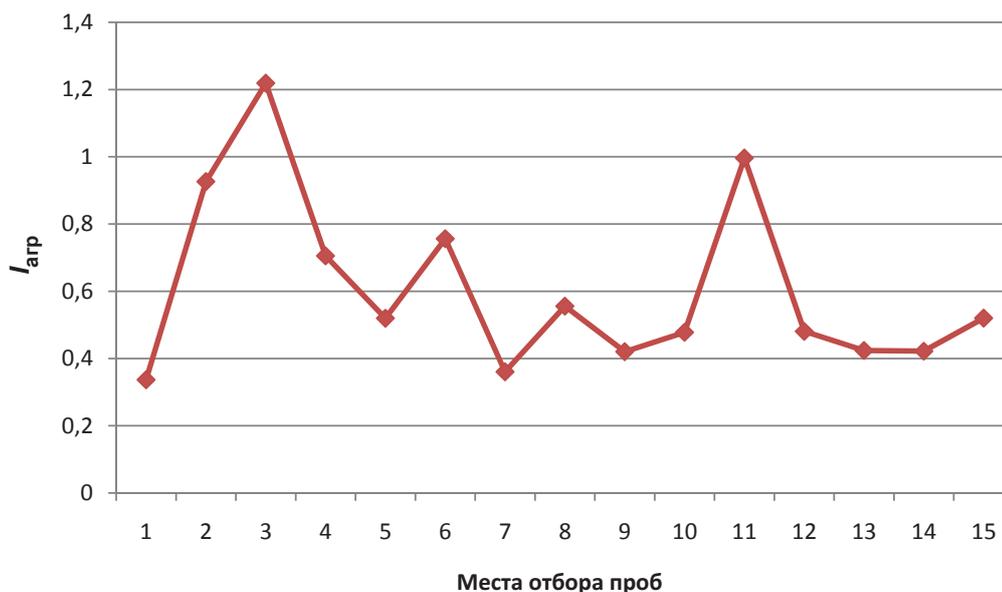


Рис. 2. Динамика агрегационного индекса в экосистеме р. Илевны

Из рис. 2 следует, что для большинства пунктов отбора проб агрегационный индекс не превышает единицы, что свидетельствует об

отсутствии токсичности. Слабая токсичность наблюдается в пункте 3 ($I_{agr}=1,22$), что связано с высоким содержанием в этой точке нитрит-ионов.

Таблица 4

Динамика индекса нитрификации и самоочищающей способности экосистемы р. Илевны

Места отбора проб*	Агрегационный индекс	Индекс нитрификации, %	Способность к самоочищению
1	0,34	3,98	Очень низкая
2	0,93	95,47	Высокая
3	1,22	95,75	
4	0,71	87,47	Средняя
5	0,52	85,39	
6	0,76	74,38	Ниже средней
7	0,36	85,79	
8	0,56	85,69	Средняя
9	0,42	85,73	
10	0,48	91,07	
11	1,00	89,35	
12	0,48	85,51	
13	0,42	90,48	Ниже средней
14	0,42	88,77	
15	0,52	81,11	

Примечание. *Обозначения см. на рис. 1.

Табл. 4 содержит данные по динамике интенсивности процессов нитрификации и самоочищающей способности в экосистеме р. Илевны. Максимальное значение индекса нитрификации 95,47% характерно для пункта 2 (до впадения р. Унулка), минимальное – 3,98% (пункт 1, исток, зона влияния с. Зимёнки). Способность реки к

самоочищению изменяется от очень низкой до высокой. Половина образцов из створов характеризуется средней самоочищающей способностью.

В табл. 5 представлены корреляционные зависимости между индексом нитрификации и некоторыми гидрохимическими показателями вод р. Илевны.



Таблица 5

Корреляционные зависимости в р. Илевне, $p < 0,05$

Корреляционные зависимости	Коэффициент корреляции
$I_{\text{нитр}} - \text{SO}_4^{2-}$	0,82
$I_{\text{нитр}} - \text{PO}_4^{3-}$	-0,74
$I_{\text{нитр}} - \text{K}^+$	-0,67

Индекс нитрификации хорошо коррелирует с содержанием в воде сульфат-ионов, удовлетворительно – с содержанием фосфат-ионов и ионов калия.

Выводы

Таким образом, несмотря на низкое содержание основных катионов, анионов и тяжёлых металлов в воде р. Илевны (ниже ПДКр), водоток характеризуется чрезвычайно высокой неоднородностью процессов нитрификации и самоочищающей способности, что, вероятно, связано с синергетическими эффектами различных сочетаний тяжёлых металлов и биогенных элементов, а также с особенностями гидрологического режима водотока в местах отбора проб. По величине агрегационного индекса воды реки характеризуются слабой токсичностью.

Список литературы

1. Астахов П. А. Состояние бассейнов малых рек Владимирской области // Экология речных бассейнов : тр. междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Т. А. Трифоновой. Владимир : Владим. гос. ун-т, 2009. С. 13–20.
2. Нежиховский Р. П. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. СПб. : Гидрометиздат, 2009. 228 с.
3. Хрисанов Н. И., Осипов Г. К. Управление эвтрофированием водоёмов. СПб. : Гидрометиздат, 1993. 279 с.
4. Савельев О. В., Чеснокова С. М. Оценка допустимой антропогенной нагрузки малых водотоков по их самоочищающей способности // Проблемы региональной экологии. 2011. № 1. С. 6–12.
5. Лаврентьева Г. В., Рева Е. В., Сынзыныс Б. И., Мирзеабасов О. А., Рогоуленко А. В. Технология оценки экологического риска для малой реки // Вестн. Российской академии наук. 2011. № 4. С. 28–36.

Образец для цитирования:

Шаров А. Ю., Чеснокова С. М., Трифонова Т. А. Оценка уровня загрязнения воды, процессов нитрификации и самоочищения от ионов аммония в малом водотоке Илевна // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Химия. Биология. Экология. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 469–474. DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-4-469-474.

Cite this article as:

Sharov A. U., Chesnokova S. M., Trifonova T. A. Assessment of Water Pollution Level, Processes of a Nitrification and Self-Treating of Ammonium Ions in a Small Water Reservoir of Ilevna. *Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Chemistry. Biology. Ecology*, 2017, vol. 17, iss. 4, pp. 469–474 (in Russian). DOI: 10.18500/1816-9775-2017-17-4-469-474.

6. Злышко А. С. Исследование загрязнения и самоочищающей способности малых водотоков урбанизированных территорий : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владимир, 2013. 23 с.

Assessment of Water Pollution Level, Processes of a Nitrification and Self-Treating of Ammonium Ions in a Small Water Reservoir of Ilevna

A. U. Sharov, S. M. Chesnokova, T. A. Trifonova

Alexey U. Sharov, ORCID 0000-0001-7279-7192, Vladimir State University, 87, Gorkiy Str., Vladimir, 60000, Russia, Sharov.biolog@yandex.ru

Svetlana M. Chesnokova, ORCID 0000-0001-5126-1786, Vladimir State University, 87, Gorkiy Str., Vladimir, 60000, Russia, Chesnokova.chemist@mail.ru

Tatiana A. Trifonova, ORCID 0000-0002-1628-9430, Moscow State University, Leninskiye Gory, Moscow, 119991, Russia, tatrifon@mail.ru

In work data on content in Ilevna river's water of the main anions and cations, heavy metals are submitted. The majority of the studied indicators within their maximum permissible level has been established. Excesses of these values were registered in four parameters. For phosphates excess of maximum permissible level is established in a source. For fluoride ion excess of the standard is revealed in the point of selection located above confluence of the Kartynriver. Up to gland maximum permissible values are exceeded in the Ilevna river estuary. The maximum permissible level excess for copper is revealed in a zone of influence of Lazorevo, a higher than confluences of Mokrayariver and in estuarial alignment. The assessment of a toxicity of water in size of an aggregation index, and a self-cleaning processes in nitrification index size in a water current ecosystem has been given. Waters of the Ilevna River are characterized by absence of toxicity almost on all her extent has been shown. The weak toxicity of water was registered only after confluence of the Unulka River. The self-cleaning ability of the river varies from very low to high has been established. It is caused by features of the hydrological mode of a water reservoir in places of sampling and also can be connected with synergetic effects of various combinations of heavy metals and biogenic substances. Correlative dependences between a nitrification index and some components of the river's water has been studied. Good positive correlations are revealed between the nitrification index and sulfate ion. Negative correlations are established at the nitrification index with iron and potassium.

Key words: main anions and cations, toxicity of water, self-clearing ability, correlative dependences.