

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОМПЛЕКСОВ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ

**Богатырев Константин Сергеевич**, аспирант, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: 501880@bsu.edu.ru

**Корнилов Андрей Геннадьевич**, доктор географических наук, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85, e-mail: kornilov@bsu.edu.ru

Представлены результаты гидроэкологического изучения р. Северский Донец в зоне влияния тепличного комплекса. Выявлено, что основное воздействие на экологическую ситуацию оказывают поверхностные сточные воды селитебных территорий. По результатам статистического анализа воздействие сточных вод тепличного комплекса является незначительным. Динамика гидроэкологического состояния р. Северский Донец в районе выпуска сточных вод тепличного комплекса характеризуется снижением содержания в контрольном створе следующих загрязнений: взвешенные вещества, сульфаты, ХПК, железо. Увеличение концентрации было выявлено только для хлоридов.

**Ключевые слова:** гидрохимические показатели, гидроэкологическая ситуация, воздействие тепличных комплексов на окружающую среду, экология предприятий АПК, индикаторы загрязнения водной среды

## ECOLOGICAL STATE OF SURFACE WATER OBJECTS UNDER THE INFLUENCE OF GREENHOUSE COMPLEXES

**Bogatyrev Konstantin S.**, postgraduate student, Belgorod State University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russian Federation, e-mail: 501880@bsu.edu.ru

**Kornilov Andrey G.**, D. Sc. in Geography, Belgorod State University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russian Federation, e-mail: kornilov@bsu.edu.ru

The results of hydrogeological study of the Seversky Donets river in the zone of influence of the greenhouse complex are presented. It is revealed that the main impact on the environmental situation is caused by surface wastewater from residential areas. According to the results of statistical analysis, the impact of wastewater from the greenhouse complex is insignificant. The dynamics of the hydroecological state of the Seversky Donets river in the area of the greenhouse complex wastewater discharge is characterized by a decrease in the content of the following pollutants in the control range: suspended solids, sulfates, COD, iron. An increase in concentration was detected only for chlorides.

**Keywords:** hydrochemical indicators, hydroecological situation, impact of greenhouse complexes on the environment, ecology of agricultural enterprises, indicators of water pollution

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности России обеспеченность овощами защищенного грунта собственного производства должна быть не менее 80 %. В Российской Федерации рекомендуемый уровень потребления овощей в зимне-весенний период составляет 12–15 кг. В настоящее время в Белгородской области производится 27,2 кг овощей защищенного грунта на человека в год, или 226,7 % от минимально необходимого количества (по итогам 2018 г.) [3].

Таблица 1

### Производство овощей защищенного грунта на душу населения в Белгородской области

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Характеристика											
Производство овощей защищенного грунта, тонн	6458,5	7197,5	6740,1	6892,5	7100	12000	16004	19481,2	26959	29029,7	42098,4
Производство на 1 чел., кг	4,2	4,7	4,4	4,5	4,6	7,9	10,4	12,58	17,36	18,69	27,2
% от минимальной нормы потребления	35	39,1	36,7	37,5	38,3	65,8	86,7	104,8	144,6	155,7	226,7

Согласно сведениям Департамента агропромышленного комплекса Белгородской области за последние 10 лет производство овощей защищенного грунта увеличилось в 6,52 раза. В связи с интенсивным развитием тепличного хозяйства возникла необходимость оценки воздействия данной отрасли агропромышленного производства на окружающую среду, в том числе на экологическое состояние поверхностных водных объектов.

В качестве объекта исследования нами был принят крупный тепличный комплекс по выращиванию овощей, расположенный в Белгородском районе. В ходе его производственной деятельности образуются сточные воды, которые после очистки на локальных очистных сооружениях сбрасываются в р. Северский Донец.

Река Северский Донец, приток I порядка р. Дон, берет начало вблизи с. Подольхи Прохоровского района, Белгородской области. Общая длина 1053 км, из них на территории Белгородской области 102 км. Величина УКИЗВ – 4,53, класс качества воды – 4 «а» грязная, (класс 4 «а» был в 2015 г.), ухудшился по сравнению с 2017 г. с класса 3 «б», очень загрязненная (класс 3 «б» был в 2014, 2016, 2017 гг.) [2].

Наблюдения за гидроэкологическим состоянием поверхностного водного объекта проводились посезонно, пробы вод отбирались 10 раз в течение 2018–2019 гг. (в апреле, июне, июле, августе, октябре, ноябре 2018 г., январе, мае, июле, сентябре 2019 г.). Для оценки воздействия сточных вод тепличного комплекса пробы отбирались в трёх местах: природные воды р. Северский Донец в точках 500 м выше и 500 м ниже по течению, а также непосредственно в месте сброса сточных вод. Согласно приказу Министерства природных ресурсов и экологии от 17.12.2007 г. № 333 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» в контрольном створе на расстоянии 500 м ниже по течению реки от места сброса должны соблюдаться нормативы качества воды [5].

В связи с тем, что р. Северский Донец является водным объектом высшей рыбохозяйственной категории, критерий отсутствия негативного воздействия на экологическое состояние водотока – соблюдение ПДК рыбохозяйственных водных объектов [1].

Оценка влияния выращивания овощей в тепличных комплексах на экологическое состояние поверхностных водных объектов производилась по 10 загрязняющим веществам и показателям качества вод, преимущественно биогенного происхождения. Их полный перечень представлен в таблице 2.

Таблица 2

**Перечень загрязняющих веществ, по которым проводились наблюдения**

Наименование загрязняющего вещества	Максимальная концентрация на сбросе в водный объект	Средняя концентрация на сбросе в водный объект	ПДК рыбохозяйственных водоёмов
Взвешенные вещества	12,00	8,00	фон +0,25=10,25
Фосфат-ион	0,16	0,08	0,2
Сульфат-ион	89,40	63,43	100
Хлорид-ион	69,80	50,17	300
Аммоний-ион	0,47	0,38	0,5
Нитрит-ион	0,38	0,12	0,08
Нитрат-ион	3,60	1,54	40
Железо	0,29	0,17	0,1
БПК <sub>5</sub>	18,90	6,80	2,1
ХПК	41,10	22,78	15

Согласно таблице, за весь период наблюдений за состоянием р. Северский Донец превышение ПДК р.х. в сточных водах тепличного комплекса было зафиксировано по следующим показателям: взвешенные вещества в 1,2 раза, нитрит-ионов – в 4,75 раза, железа – в 2,9 раза, БПК<sub>5</sub> – в 9 раз, ХПК – в 2,74 раза. Но при этом средние концентрации вышеперечисленных загрязняющих веществ и показатели качества

воды за 10 исследований в течение 2018–2019 гг. незначительно превышают предельно допустимые концентрации: нитрит-ионов – в 1,5 раза, железа – в 1,7 раза, БПК<sub>5</sub> – в 3,2 раза, ХПК – в 1,52 раза, и средние концентрации содержания взвешенных веществ в сточных водах не превышают предельно допустимых значений. По остальным загрязняющим веществам превышение предельно допустимых концентраций не было зафиксировано.

В таблице 3 представлен расчет стока загрязняющих веществ в контрольных створах р. Северский Донец с учетом сброса сточных вод от тепличного комплекса.

Таблица 3

Сток загрязняющих веществ в контрольных створах р. Северский Донец

Загрязняющие вещества	Расход ЗВ в фоновом створе, г/с	Сброс ЗВ от тепличного комплекса, г/с	Расчетный расход ЗВ в контрольном створе, г/с	Фактический расход ЗВ в контрольном створе, г/с	Разность между расчетным и фактическим расходом
Взвешенные вещества	30,14	0,03	30,17	31,29	-1,12
Фосфат-ион	0,96	0,00	0,96	0,99	-0,03
Сульфат-ион	175,43	0,25	175,68	191,01	-15,33
Хлорид-ион	122,07	0,20	122,27	135,89	-13,62
Аммоний-ион	0,95	0,00	0,95	1,07	-0,12
Нитрит-ион	0,26	0,00	0,26	0,30	-0,04
Нитрат-ион	4,77	0,01	4,78	4,97	-0,19
Железо	0,70	0,00	0,70	0,66	0,04
БПК <sub>5</sub>	21,43	0,03	21,46	31,45	-9,99
ХПК	73,86	0,09	73,95	67,85	6,10

Табличные данные показывают, что для всех наблюдаемых показателей, за исключением железа и ХПК, расчетный расход загрязняющих веществ меньше фактического, что, скорее всего, свидетельствует о наличии других источников поступления данных ингредиентов на данном участке реки, таких как неорганизованный сток с территории индивидуальной жилой застройки.

Для оценки гидроэкологической ситуации р. Северский Донец в районе сброса сточных вод тепличного комплекса нами были построены графики концентрации загрязняющих веществ с наиболее выраженными изменениями за период наблюдений.

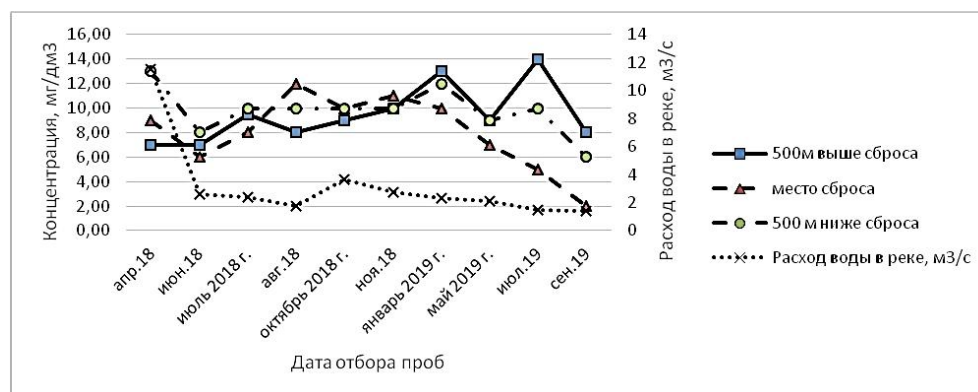


Рис. 1. Содержание взвешенных веществ в р. Северский Донец

За весь период наблюдений нами было выявлено, что содержание взвешенных веществ в сточных водах меньше, чем в природных водах р. Северский Донец, за исключением осени 2018 г., но уже с начала 2019 г. и до момента окончания наблюдений наметилась тенденция к снижению концентрации загрязняющего вещества в сбросах предприятия.

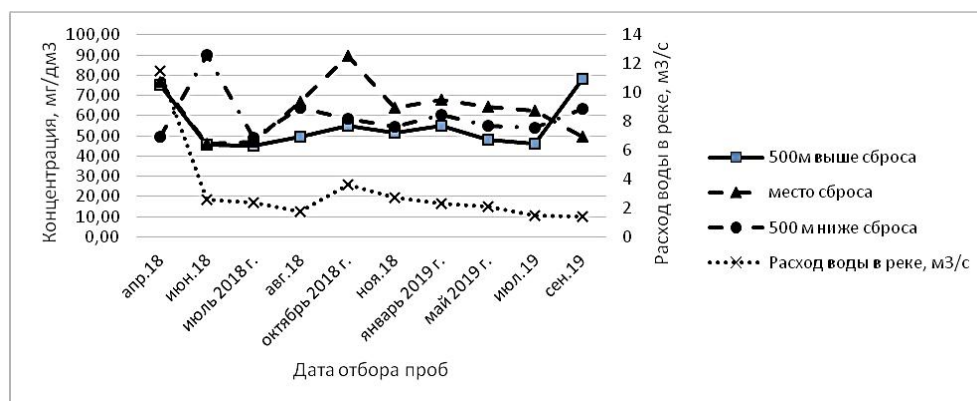


Рис. 2. Содержание сульфатов в р. Северский Донец

Содержание сульфатов в фоновом створе р. Северский Донец в районе расположения тепличного комплекса варьируется в пределах от 45 до 55 мг/дм<sup>3</sup>, но весной 2018 г. и осенью 2019 г. возросло до 80 мг/дм<sup>3</sup>, при этом следует отметить, что в вышеуказанные промежутки времени в контрольном створе наблюдалась меньшая концентрация сульфатов. Следует отметить, что в 2019 г. наметилась тенденция к снижению содержания сульфатов в сточных водах.

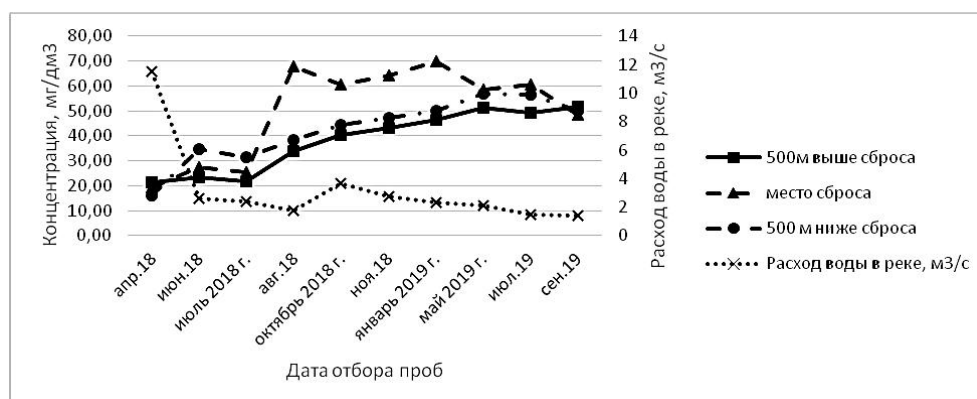


Рис. 3. Содержание хлоридов в р. Северский Донец

Динамика содержания хлоридов как в природных водах реки, так и в сточных водах предприятия имеет тенденции к увеличению их концентрации. За весь период наблюдений произошел рост содержания Cl<sup>-</sup> в природных водах в 2,5 раза, при этом максимальная фактическая концентрация меньше ПДКр.х. примерно в 6 раз.

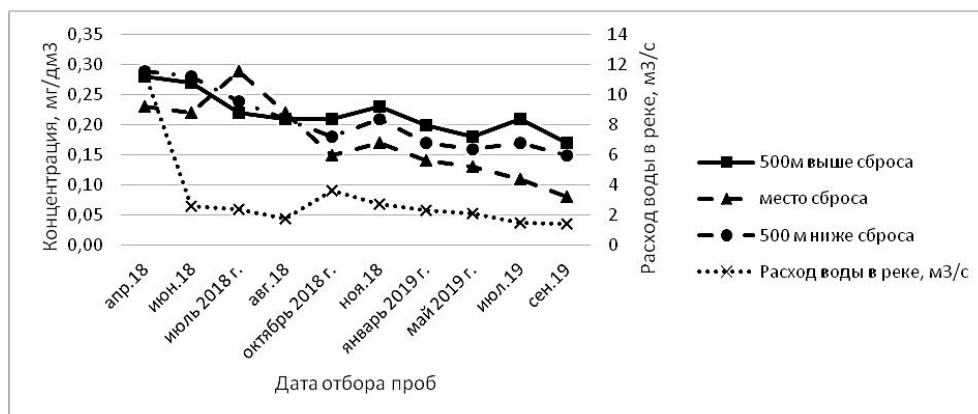


Рис. 4. Содержание железа в р. Северский Донец

Повышенное содержание железа в природных водах р. Северский Донец обусловлено факторами природного происхождения [2].

На всем протяжении наблюдений за водным объектом концентрация железа в сточных водах была ниже фонового значения, за исключением июля 2018 г., таким образом, сточные воды тепличного комплекса способствуют уменьшению содержания железа в р. Северский Донец.

Проанализировав данные на вышеуказанных графиках, можно сделать вывод о том, что образовалась тенденция к уменьшению расхода воды в реке, за исключением краткосрочных периодов роста, вызванных увеличением количества атмосферных осадков (октябрь 2018 г.), а также таянием снежного покрова (апрель 2018 г.). Сведения о среднем расходе природных и сточных вод представлены в таблице 3.

Таблица 4

Сведения о среднем расходе воды (м³/с) р. Северский Донец и сточных вод тепличного комплекса

Дата отбора проб	Апрель 2018 г.	Июнь 2018 г.	Июль 2018 г.	Август 2018 г.	Октябрь 2018 г.	Ноябрь 2018 г.	Январь 2019 г.	Май 2019 г.	Июль 2019 г.	Сентябрь 2019 г.
Река	11,52	2,58	2,36	1,74	3,64	2,75	2,3	2,09	1,5	1,41
Сточные воды	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004

Динамика экологического состояния р. Северский Донец представлена как на вышеуказанных графиках, так и на дендрограмме группировки среднегодовых гидроэкологических ситуаций (рис. 5).

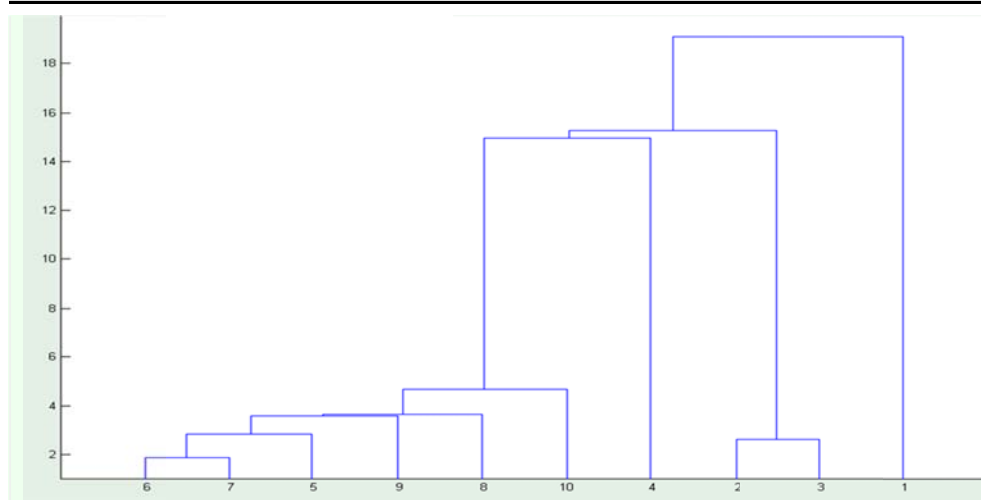


Рис. 5. Группировка среднегодовых гидроэкологических ситуаций на р. Северский Донец Белгородской области (с 1 по 10 месяц наблюдений за соответствующий период с апреля 2018 по сентябрь 2019 г.)

На дендрограмме видно, что комплексные изменения состояния имеют наивысшие значения в период с апреля по июнь 2018 г. (пп. 1–4 на рис. 9), затем снижаются до минимума в ноябре 2018 – январе 2019 г. (пп. 6–7 на рис. 5).

Корреляционный анализ показателей содержания химических компонентов в водах р. Северский Донец указывает на отрицательную связь показателей расхода воды в реке с показателями веществ биогенного происхождения. В частности, для нитрат-иона в фоновом створе  $r = -0,68$ , в контрольном створе  $r = -0,71$ ; для нитрит-иона в контрольном створе  $r = -0,67$ , что обусловлено разбавлением поверхностного стока с прилегающих территорий индивидуальной жилой застройки.

Напротив, для таких компонентов как железо, взвешенные вещества и биологическое потребление кислорода наблюдается положительная связь расходов воды в реке и концентрации вышеуказанных элементов: в фоновом створе – Fe ( $r = 0,68$ ); в контрольном створе – Fe ( $r = 0,63$ ), взвешенные вещества ( $r = 0,63$ ), БПК ( $r = 0,89$ ), что, скорее всего, обусловлено повышенным смывом этих ингредиентов во время интенсивных осадков и с тальми водами. По остальным ингредиентам связи с характеристиками расхода воды в реке не установлено.

В таблице 4 приведены коэффициенты корреляции показателей содержания загрязнений по отношению к показателям содержания этих же веществ в предыдущих створах. Показатели  $r$  больше 0,60, свидетельствуют о наличии более или менее тесной связи и могут говорить как о роли вклада выше расположенных участков в гидрхимическую картину ниже по течению, так и о схожести процессов формирования атмосферических потоков на разных участках водосборной территории реки [4].

Таблица 5

**Коэффициенты корреляции показателей содержания загрязняющих веществ по отношению к показателям содержания этих же веществ в предыдущих створах**

№ створа	BВ	PO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Fe	БПК5	ХПК
2/1	0,00	0,80	0,17	0,78	0,54	0,82	0,52	0,65	0,98	0,97
3/1	0,27	0,98	-0,18	0,92	0,82	0,83	0,66	0,94	0,72	0,88
3/2	0,68	0,74	-0,39	0,77	0,71	0,89	0,78	0,82	0,67	0,86

Для фонового створа наблюдения была выявлена группа относительно взаимосвязанных показателей, таких как «PO<sub>4</sub> – Fe – БПК – ХПК»,  $r$  изменяется от 0,72 до 0,99, что может быть обусловлено неорганизованным поверхностным стоком.

Для группы «Cl – NO<sub>3</sub>» г составляет 0,79, наличие этой группы, скорее всего, объясняется единым основным источником поступления этих веществ, например, неканализованной селитебной зоной.

В сточных водах тепличного комплекса можно отметить следующие закономерности: в этом створе также выделяется группа взаимосвязанных компонентов «PO<sub>4</sub> – Fe – БПК – ХПК», г изменяется от 0,80 до 0,99, а также «NO<sub>2</sub> – NH<sub>4</sub> – NO<sub>3</sub>» г изменяется от 0,67 до 0,86, вышеуказанные загрязняющие вещества связаны комплексным происхождением при производстве сельскохозяйственной продукции.

В контрольном створе сохраняется сходная с фоновой гидроэкологическая ситуация: выявлены группы взаимосвязанных компонентов "PO<sub>4</sub>-Fe-ХПК", гварьируется от 0,62 до 0,79, «NO<sub>2</sub> – NO<sub>3</sub>» г составляет 0,83; и группа показателей с отрицательной связью «NO<sub>3</sub> – БПК<sub>5</sub>» г = –0,77, а для пары «NO<sub>2</sub> – БПК<sub>5</sub>» г = –0,65. Данная тенденция обусловлена незначительным воздействием сточных вод тепличного комплекса, которое не превышает ассимилирующую способность водного объекта в месте проведения наблюдений.

**Выводы.** За весь период наблюдений в сточных водах тепличного комплекса были выявлены превышения предельно допустимых концентраций по следующим показателям: взвешенные вещества, нитрит-ионов, железа, БПК<sub>5</sub>, ХПК. Превышение ПДК<sub>р.х.</sub> взвешенных веществ наблюдалось лишь в 2018 г., по остальным загрязняющим веществам и показателям качества вод превышение нормативных значений имеет постоянный характер, но в тоже время на повышенное содержание железа в водах оказывают влияние природные факторы.

Динамика гидроэкологического состояния р. Северский Донец в районе выпуска сточных вод тепличного комплекса характеризуется снижением содержания в контрольном створе следующих загрязняющих веществ: взвешенные вещества, сульфаты, ХПК, железо, увеличение концентрации было выявлено только для хлоридов, при этом их содержание составляет 0,16 ПДК<sub>р.х.</sub>.

Статистический анализ позволяет сделать вывод о незначительности воздействия организованных сбросов сточных вод тепличного комплекса на гидроэкологическую ситуацию р. Северский Донец, так как доля всех загрязняющих веществ, попадающих в водоток со сточными водами, составляет менее 1 % от фактического расхода в контрольном створе, например, от 0,16 % для нитрит-ионов до 0,09 % для БПК<sub>5</sub>, динамика ее состояния в большей степени обусловлена воздействием поверхностного стока с близлежащих селитебных территорий.

#### Список литературы

1. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство /Всероссийская общественная организация "Русское географическое общество", НИУ БелГУ; отв. ред. А.Г. Корнилов. - Белгород : КОНСТАНТА, 2018. - 200 с.
2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Белгородской области в 2018 году. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://docviewer.yandex.ru/view/77506747>
3. Информация о производстве овощей защищенного грунта Белгородской области. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belapk.ru/deyatelnost/upravlenie-rasteniievodstva/otdel-razvitiya-otraslej-rasteniievodstva-i-melioracii/informaciya-o-sbore-ovoshej-v-zimnih-teplicah-v-selskohozyajstvennyh-organizacijah-belgorodskoj-obra/>.
4. Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Prisny A.V., Lebedeva M.G., Kornilova E.A., Oskin A.A., 2019. Current hydroecological situation of the Starooskolsko-Gubkinsky mining region on the example of the Oskoletsriver. Eurasian journal of biosciences, 13: 865-870.
5. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 17.12.2007 г. № 333 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» (с изменениями на 31 июля 2018 года).

#### References

1. Geographical Atlas of the Belgorod region: nature, society, economy /all-Russian public organization "Russian geographical society", NRU BelSU; ed. by A. G. Kornilov. - Belgorod: CONSTANTA, 2018. - 200 p.
2. State report on the state and environmental protection of the Belgorod region in 2018. [Electronic resource]. - Mode of access: <https://docviewer.yandex.ru/view/77506747>.
3. Information about the production of protected ground vegetables in the Belgorod region. [Electronic resource]. - Mode of access: <https://belapk.ru/deyatelnost/upravlenie-rastenievodstva/otdel-razvitiya-otraslej-rastenievodstva-i-melioracii/informaciya-o-sbore-ovoshej-v-zimnih-teplicah-v-selskohozyajstvennyh-organizacijah-belgorodskoj-obra/>.
4. Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Prisky A.V., Lebedeva M.G., Kornilova E.A., Oskin A.A., 2019. Current hydroecological situation of the Starooskolsko-Gubkinsky mining region on the example of the Oskolets river. Eurasian journal of biosciences, 13: 865-870.
5. Order of the Ministry of natural resources of the Russian Federation No. 333 dated 17.12.2007 "on approval of the Methodology for developing standards for permissible discharges of substances and microorganisms into water bodies for water users" (as amended on July 31, 2018).

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ УНИКАЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ИЛЬМЕННО-БУГРОВОГО РАЙОНА ДЕЛЬТЫ р. ВОЛГИ

**Быстрова Инна Владимировна**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: [innabistrova1948@mail.ru](mailto:innabistrova1948@mail.ru)

**Смирнова Татьяна Сергеевна**, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: [Juliet\\_23@mail.ru](mailto:Juliet_23@mail.ru)

**Вайчулис Герман Виссарионович**, студент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: [222106@mail.ru](mailto:222106@mail.ru)

В статье рассматривается территория ильменно-бугрового района дельты реки Волги Астраханской области с позиции охраны уникальной природы данной территории. Выявлено роль антропогенеза в изменении ландшафтов за последние десятилетия. Этот район является уникальным с точки зрения природы, которая под влиянием антропогенеза катастрофически изменилась по ряду причин, таких как изменение климата, нерационального использования природных ресурсов местным населением и др. Особую тревогу вызывает гидрогеологическое состояние подступных ильменей и прилегающих к ним территорий. В последние десятилетия одним из важнейших факторов нарушения гидрологического режима исследуемой территории, особенно в дельтовых и придельтовых областях, является резкая нехватка питьевой воды в ильменях и сокращение площадей сельскохозяйственных угодий. Это приводит к активизации процессов пересыхания, отмирания и засоления большинство ильменей и даже к их полному исчезновению. *Вывод.* Большинство водоемов ильменно-бугрового района находятся в крайне неудовлетворительном экологическом состоянии. Объем воды в них резко сокращается, а многие из них прекратили свое существование, что объясняется долговременной и плохо контролируемой хозяйственной деятельностью в последние годы. Это привело к радикальным изменениям естественных ландшафтов и перестройке территории ильменно-бугрового района.

**Ключевые слова:** ильменно-бугровой район, западные подступные ильмени, ландшафт, бугры Бэра, межбугровые понижения, зарегулирование р. Волги, засоление, опустынивание

### ECOLOGICAL STATE OF THE UNIQUE NATURE OF THE ELMENNO-BUGROVOY REGION OF THE VOLGA RIVER DELTA

**Bystrova Inna V.**, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: [innabistrova1948@mail.ru](mailto:innabistrova1948@mail.ru)

**Smirnova Tatyana S.**, Ph. D. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: [juliet\\_23@mail.ru](mailto:juliet_23@mail.ru)