

---

---

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

---

---

УДК 574.52; 631.9; 639.2

**РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕГО БИОЛОГИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА В ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ  
В РАЙОНЕ ПРОДУВКИ ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ  
РОСТОВСКОЙ АЭС**

© 2017 О.И. Горская\*, С.В. Яковлев\*\*, Л.А. Черешнева\*\*, В.М. Сапельников\*\*\*

\* *Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция», Волгодонск,  
Ростовская обл., Россия*

\*\* *Волгоградское отделение Государственного научно-исследовательского института  
озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, Волгоград, Россия*

\*\*\* *Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского  
ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Ежегодные работы по биологическому мониторингу в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС проводятся уже восьмой год в период продувки (апрель, май), а также до начала и после окончания (март, июнь). Объект исследования – основные биоценозы (фитопланктон, зоопланктон, зообентос) и состав воды Цимлянского водохранилища на акватории, прилегающей к Ростовской АЭС.

*Ключевые слова:* Цимлянское водохранилище, Ростовская АЭС, продувка водоема-охладителя, биоценозы, состав воды.

Поступила в редакцию: 06.05.2017

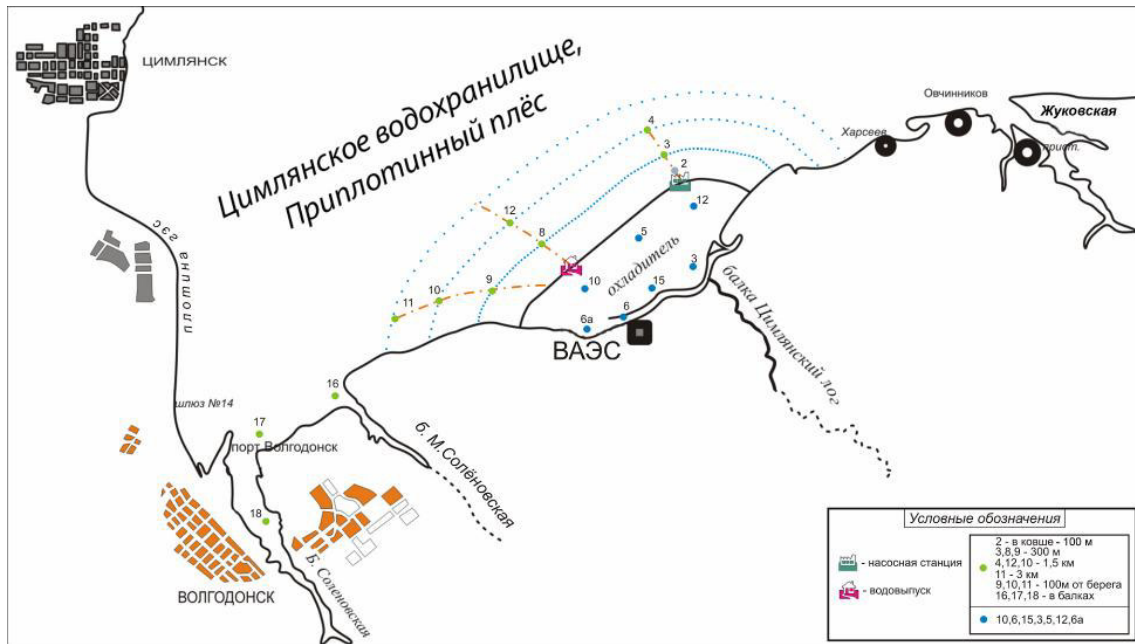
Для уменьшения солесодержания в воде водоема-охладителя предусмотрена его дополнительная продувка, которая заключается в частичной замене объема водоема путем сброса воды в Приплотинный плес и закачке свежей воды из того же плеса насосной станцией. Кроме того, продувка позволяет сократить время подтопления прилегающей территории, когда уровень воды в водоеме-охладителе, в результате приема паводка из Цимлянского водохранилища, поднимается выше нормального подпорного уровня. Актуальность этого обострилась из-за фактического изменения проекта режима вводов энергоблоков.

Данные, полученные в результате проведения работ по биологическому мониторингу в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и по оценке эффективности рыбозащитных устройств при проведении продувки водоема-охладителя, позволяют оценить степень влияния данных работ на состояние биоты и качества воды прилегающей акватории Приплотинного плеса.

На акватории Цимлянского водохранилища работа проводилась на трех профилях по направлению открытой зоны водохранилища, на каждом из которых расположены точки на расстоянии 300 м, 1,5...2,0 км и 3,0 км (рис. 1.). Вдоль линии левого берега Цимлянского водохранилища ниже дамбы на расстоянии 150...200 м от берега через указанные промежутки также были выбраны точки отбора гидрохимических и гидробиологических проб. У восточной оконечности охладителя в 200 м от берега была определена точка отбора проб.

Общее количество точек отбора проб поверхностных вод – 10. Отбор проб проводился ежемесячно в период продувки водоема-охладителя (2 отбора проб на всех

станциях), а также однократно до и после завершения продувки по разреженной сети станций (всего 10 проб).



**Рис. 1.** – Схема отбора гидрохимических и гидробиологических проб по мониторингу Приплотинного плеса в районе дамбы Ростовской АЭС

Перечень контролируемых параметров и показателей качества поверхностных вод был составлен с учетом гидрохимических особенностей исследуемой акватории. В число контролируемых гидрохимических показателей входят:

– азот аммонийный;	– медь;
– азот нитратный;	– натрий;
– азот нитритный;	– нефтепродукты;
– БПК <sub>5</sub> ;	– перманганатная окисляемость;
– водородный показатель (рН);	– растворенный кислород;
– гидрокарбонат ион;	– сульфат-ион;
– железо общее;	– сухой остаток;
– жесткость;	– фосфаты;
– кальций;	– фториды;
– магний;	– хлорид-ион;
– марганец;	– ХПК.

Отбор проб фитопланктона, зоопланктона и зообентоса производился с той же периодичностью и в тех же точках, что и отбор проб поверхностной воды. В качестве основных характеристик для перечисленных выше групп гидробионтов являлись структурные показатели: количество видов, численность, биомасса и другие биоценоотические характеристики.

Цимлянское водохранилище отличается низким уровнем водообмена (0,9 в год) и на многие его гидрохимические и гидробиологические параметры влияет уровенный режим, особенно в весенний период (рис. 2).

Продувочные воды, поступающие из водоема-охладителя в Приплотинный плес Цимлянского водохранилища, могут оказывать локальное и ограниченное во времени незначительное негативное воздействие за счет минеральных взвешенных частиц и эвтрофирующее влияние за счет увеличения количества органических веществ и биогенов.

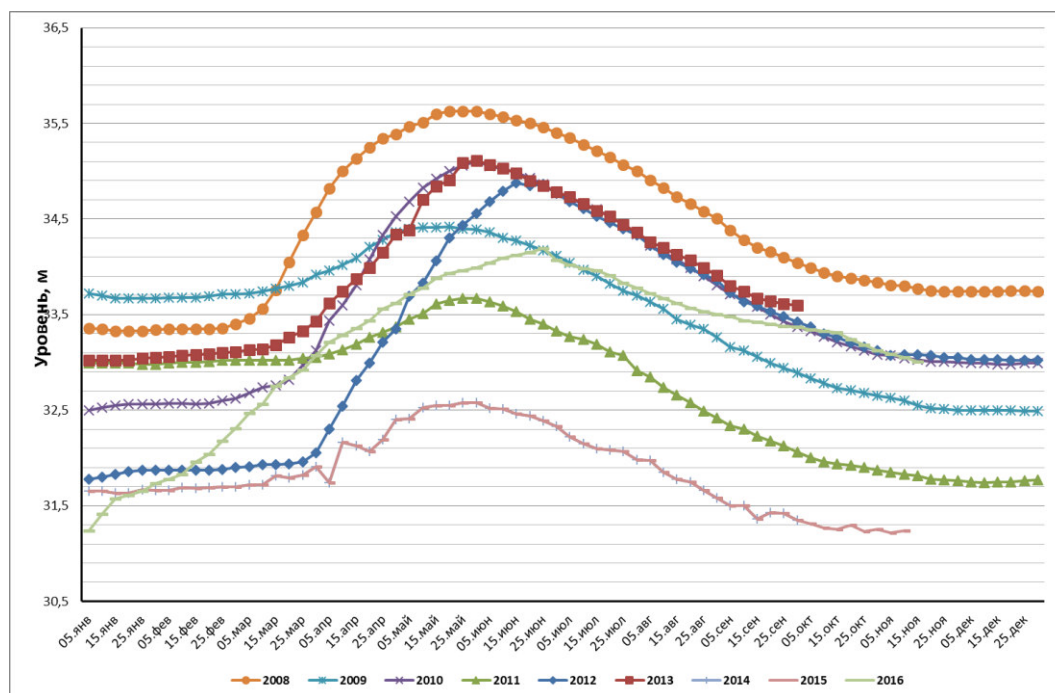


Рис. 2. – Уровенный режим Цимлянского водохранилища в 2008–2016 гг.

Для определения такого влияния по различным ингредиентам химического состава воды и определения других гидрологических факторов был проведен корреляционный анализ зависимостей концентрации отдельных химических показателей от трех факторов:

- удаленности контрольной точки отбора проб от места сброса продувочных вод из водоема-охладителя, м;
- удаленности контрольной точки отбора проб от береговой линии, м;
- глубины водоема в точке отбора проб, м.

Результаты анализа представлены в таблице 1.

В таблице максимальные значения коэффициентов парной корреляции выделены жирным шрифтом, а значения, превышающие величину 0,5 – подчеркиванием.

Анализ полученных результатов показывает, что максимальное количество связей гидрохимических параметров с удаленностью от места сброса наблюдается в марте и июле, т.е. в то время, когда сброса воды из водоема-охладителя не происходило. В тоже время, высокие значения коэффициентов корреляции по другим гидрологическим факторам – глубине, удаленности от берега, особенно в периоды без сброса воды из пруда-охладителя, показывают всю сложность процессов формирования химического состава воды на данном участке и значительное влияние естественных причин в виде волновых и ветровых течений, а также других факторов.

**Таблица 1** – Результаты корреляционного анализа химических показателей воды в Приплотинном плесе Цимлянского водохранилища

№ п/п	Наименование ингредиента	ед. изм.	Ср. знач.	Станд. Откл.	Корр. с 1	Корр. с 2	Корр. с 3	Ср. знач.	Станд. Откл.	Корр. с 1	Корр. с 2	Корр. с 3
1	Водородный показатель (рН)	ед.рН	8,165	0,024	0,254	-0,185	<u>-0,472</u>	8,368	0,095	<b>-0,616</b>	0,196	0,135
2	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	11,1325	0,067	-0,182	0,007	0,334	9,809	0,155	-0,073	0,497	0,742
3	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	24,85	2,437	<b>-0,879</b>	0,110	-0,552	36,2667	2,676	<b>-0,588</b>	<b>-0,512</b>	-0,244
4	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,4175	0,101	<u>-0,434</u>	0,058	0,014	1,423	0,164	-0,183	<u>0,387</u>	0,250
5	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	5,5	0,529	<u>0,470</u>	0,372	0,213	6,64	2,557	<b>-0,545</b>	<u>0,424</u>	<u>0,371</u>
6	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	543,5	1,291	-0,226	-0,238	0,039	541,444	3,745	-0,080	<u>-0,391</u>	-0,132
7	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	103,625	3,540	-0,316	-0,083	0,230	103,867	3,310	-0,284	-0,324	0,305
8	Хлорид-ион	мг/дм <sup>3</sup>	81,45	2,517	<b>0,641</b>	-0,078	0,232	80,1111	4,358	0,010	-0,045	-0,177
9	Железо (общее)	мг/дм <sup>3</sup>	0,11	0,008	<b>0,574</b>	-0,418	0,200	0,092	0,008	0,188	0,134	0,065
10	Аммоний-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,2035	0,030	-0,133	-0,111	0,347	0,15844	0,031	<u>-0,438</u>	0,166	0,213
11	Нитрат-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,2575	0,119	<b>-0,617</b>	-0,117	0,168	0,37889	0,112	0,109	0,048	<u>0,338</u>
12	Нитрит-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	<0,02					<0,02				
13	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,04425	0,024	-0,220	<u>-0,434</u>	<u>0,408</u>	0,03744	0,015	<b>-0,556</b>	0,202	0,207
14	Сульфиды	мг/дм <sup>3</sup>	<0,002					<0,002				
15	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,00265	0,001	-0,302	-0,371	-0,117	0,00248	0,000	-0,071	<b>-0,587</b>	<u>-0,343</u>
16	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	<0,0025					<0,0025				
17	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	<0,03					<0,03				

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование ингредиента	ед. изм.	Ср. знач.	Станд. Откл.	Корр. с 1	Корр. с 2	Корр. с 3	Ср. знач.	Станд. Откл.	Корр. с 1	Корр. с 2	Корр. с 3
1	Водородный показатель (рН)	ед.рН	8,306	0,070	<b>-0,501</b>	<b>0,750</b>	<b>0,498</b>	8,03625	0,156	<b>-0,779</b>	<u>0,303</u>	0,080
2	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,5729	0,190	<b>-0,819</b>	0,039	-0,159	7,092	0,098	<b>-0,873</b>	<b>0,679</b>	0,088
3	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	28,3	4,502	-0,181	<b>0,740</b>	<u>0,408</u>	27,525	2,529	<u>0,389</u>	<b>-0,710</b>	-0,136
4	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,34444	0,086	-0,263	0,201	0,271	1,3725	0,120	<b>-0,839</b>	-0,168	-0,067
5	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	6,5	2,242	-0,251	<b>0,508</b>	<b>0,504</b>	4,125	1,372	-0,157	<u>0,295</u>	<u>0,498</u>
6	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	461,333	5,315	-0,214	<u>0,481</u>	-0,184	465,143	7,904	<u>0,280</u>	-0,162	-0,036
7	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	91,1889	4,935	-0,140	<u>0,441</u>	-0,106	100,243	2,980	0,078	-0,194	<b>0,561</b>
8	Хлорид-ион	мг/дм <sup>3</sup>	57,6667	2,993	-0,033	<u>0,315</u>	0,184	62	3,202	-0,201	<b>-0,663</b>	<b>-0,646</b>
9	Железо (общее)	мг/дм <sup>3</sup>	0,093	0,007	<u>0,384</u>	0,004	0,123	0,09375	0,005	-0,147	<u>-0,421</u>	<b>-0,637</b>
10	Аммоний-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,15289	0,036	<u>-0,447</u>	-0,068	-0,260	0,16757	0,063	<u>-0,395</u>	-0,107	<u>0,446</u>
11	Нитрат-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,44522	0,145	<u>-0,365</u>	<u>0,488</u>	<u>0,455</u>	0,47443	0,183	<u>-0,299</u>	-0,035	0,221
12	Нитрит-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	< 0,020					<0,02				
13	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	<0,016					<0,002				
14	Сульфиды	мг/дм <sup>3</sup>	<0,002					<0,002				
15	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,00216	0,000	<b>-0,532</b>	<u>0,434</u>	<u>0,407</u>	0,00233	0,000	<u>-0,434</u>	-0,107	<u>0,435</u>
16	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	<0,0025					<0,0025				
17	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	<0,03					<0,03				

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование ингредиента	ед. изм.	Ср. знач.	Станд. Откл.	Корр. с 1	Корр. с 2	Корр. с 3	Ср. знач.	Станд. Откл.	Корр. с 1	Корр. с 2	Корр. с 3
1	Водородный показатель (рН)	ед.рН	8,314	0,132	<b>0,640</b>	-0,394	<u>0,012</u>	8,206	0,028	<b>0,753</b>	-0,235	<u>0,406</u>
2	Растворенный кислород	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,45	0,151	-0,432	<b>-0,289</b>	<b>0,173</b>	7,53	0,098	<u>-0,427</u>	<b>0,517</b>	<b>0,653</b>
3	ХПК	мг/дм <sup>3</sup>	29,2	2,794	<u>-0,062</u>	<b>0,677</b>	<b>-0,026</b>	27,94	3,139	-0,179	<b>-0,552</b>	<b>-0,785</b>
4	БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,53375	0,068	<u>0,461</u>	-0,338	<u>0,314</u>	1,49875	0,061	<u>-0,393</u>	<u>-0,301</u>	<u>0,335</u>
5	Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	5,1875	1,551	<u>0,041</u>	-0,021	0,447	5,6	1,955	<u>-0,311</u>	0,112	0,284
6	Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	413,25	9,468	0,038	-0,253	-0,073	458,375	11,904	0,015	-0,193	-0,221
7	Сульфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	97,55	4,514	-0,559	0,083	-0,307	95,4	6,253	0,213	-0,153	-0,292
8	Хлорид-ион	мг/дм <sup>3</sup>	65,7	1,991	-0,574	<b>-0,414</b>	<u>-0,517</u>	62,8875	2,194	-0,177	<b>-0,734</b>	<u>-0,399</u>
9	Железо (общее)	мг/дм <sup>3</sup>	0,10375	0,005	<b>-0,368</b>	<u>-0,544</u>	<u>0,137</u>	0,10125	0,006	<b>-0,613</b>	<u>0,411</u>	<u>-0,420</u>
10	Аммоний-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,3005	0,208	<u>-0,613</u>	0,267	<u>0,064</u>	0,20888	0,092	<u>-0,417</u>	-0,147	<u>0,473</u>
11	Нитрат-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,14463	0,018	-0,445	-0,424	0,011	0,28813	0,106	-0,298	0,254	<u>0,365</u>
12	Нитрит-ион (N)	мг/дм <sup>3</sup>	0,031	0,015	0,527	0,090	<u>0,981</u>	0,02588	0,005	-0,228	-0,018	<b>0,534</b>
13	Фосфат-ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,057	0,042	1,000	-1,000	-1,000	0,0508	0,021	<u>0,501</u>	-0,055	<u>-0,460</u>
14	Сульфиды	мг/дм <sup>3</sup>	<0,002					<0,002				
15	Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,00184	0,000	-0,484	<u>0,406</u>	-0,098	0,00201	0,000	0,056	-0,292	-0,267
16	Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	<0,0025					<0,0025				
17	Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	<0,03					<0,03				

Планктонная флора, в отличие от других компонентов биоты, как известно, является наиболее тонким индикатором, реагирующим на изменение среды. В годы исследований (2010-2016 гг.) было отмечено слабое эвтрофицирующее воздействие продувочных вод, поступающих из водоема-охладителя АЭС. Это влияние проявлялось в незначительном изменении видового спектра фитопланктона с наличием сапробионтов на локальных участках плеса только в период продувки, ближе к водовыпуску и береговой зоне приплотинного участка. Оно же оказывало воздействие на зоны, удаленные в открытую часть плеса и ниже водовыпуска на 1,5...2,0 км.

В зоне проведения гидробиологического мониторинга было зарегистрировано 65 видов планктонной флоры. В ее составе более разнообразно представлены: диатомовые 19, зеленые 18 и синезеленые 17 видов. Гораздо меньшее число видов насчитывалось в других группах: эвгленовых – 5, динофитовых – 4, криптофитовых – 2. По периодам наблюдений видовой спектр фитопланктоценоза изменялся. Во время продувки, в апреле и мае, в фитопланктоне присутствовали почти идентичные виды с примерно одинаковым числом видов – 20-25 (табл. 2).

**Таблица 2** – Видовой спектр фитопланктона в районе дамбы Ростовской АЭС

Группы водорослей	Апрель	Май	Июль
Синезеленые	-	2	17
Диатомовые	14	12	19
Зеленые	7	6	18
Криптофитовые	2	2	2
Эвгленовые	3	2	5
Динофитовые	-	1	4
<b>Всего:</b>	26	25	65

Анализ качественного разнообразия планктонной флоры в зоне непосредственного предполагаемого воздействия (в зоне водовыпуска, станции В4, В5, в прибрежном потоке станции В7, В8) и на удаленных участках в открытой части исследуемого района показал значительную его общность (табл. 3).

**Таблица 3** – Виды планктонной флоры, постоянно встречающиеся в пробах по станциям наблюдений в районе дамбы Ростовской АЭС

Станции наблюдений	Апрель	Май	Июль
1	2	3	4
<b>Профиль против водовыпуска</b>			
В4, 300 м	Cryptomonas erosa, Aulacoseira granulata, Navicula cryptocephala	Scenedesmus quadricauda, Aulacoseira granulata, Trachelomonas volvocina	Aulacoseira granulata, Microcystis aeruginosa
В5, 1,5 км	Navicula cryptocephala, Trachelomonas volvocina, Scenedesmus quadricauda	Единичные экземпляры водорослей	Aulacoseira granulata, Aphanizomenon flos-aquae, Oscillatoria agardii
<b>Профиль левобережья у западной оконечности дамбы</b>			
В7, 300 м	Cryptomonas erosa, Navicula cryptocephala, Trachelomonas volvocina	Aulacoseira granulata, Navicula cryptocephala, Cryptomonas erosa	Aphanizomenon flos-aquae, Aulacoseira granulata, Oscillatoria agardii
В8, 1,5 км	Navicula cryptocephala, Trachelomonas volvocina, Scenedesmus quadricauda	Trachelomonas volvocina, Cryptomonas erosa	Aulacoseira granulata, Oscillatoria agardii, Microcystis aeruginosa

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
<b>Профиль против насосной станции (удаленный участок)</b>			
B1, 300 м	<i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
B2, 1,5 км	<i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Cryptomonas erosa</i>	<i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Cryptomonas erosa</i>	<i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Oscillatoria agardii</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i>

Результаты анализа качественного состава фитопланктона в зоне водовыпуска и на удаленных участках исследуемой зоны свидетельствуют о том, что продувочные воды не влияют на формирование видового состава фитоплактоценоза и подчиняются закономерным сезонным изменениям, характерным для высокоэвтрофных водоемов.

Данные количественных изменений состава фитопланктона по месяцам отображены на рисунке 3.

Проведенный корреляционный анализ биомассы и численности фитопланктона в различных контрольных точках отбора проб от гидрологических факторов: близости к месту сброса воды из водоема-охладителя, близости к береговой зоне, глубине в точке отбора пробы, показал отсутствие непосредственного влияния сбрасываемых вод на структурно-функциональные показатели фитопланктона (таблица 4).

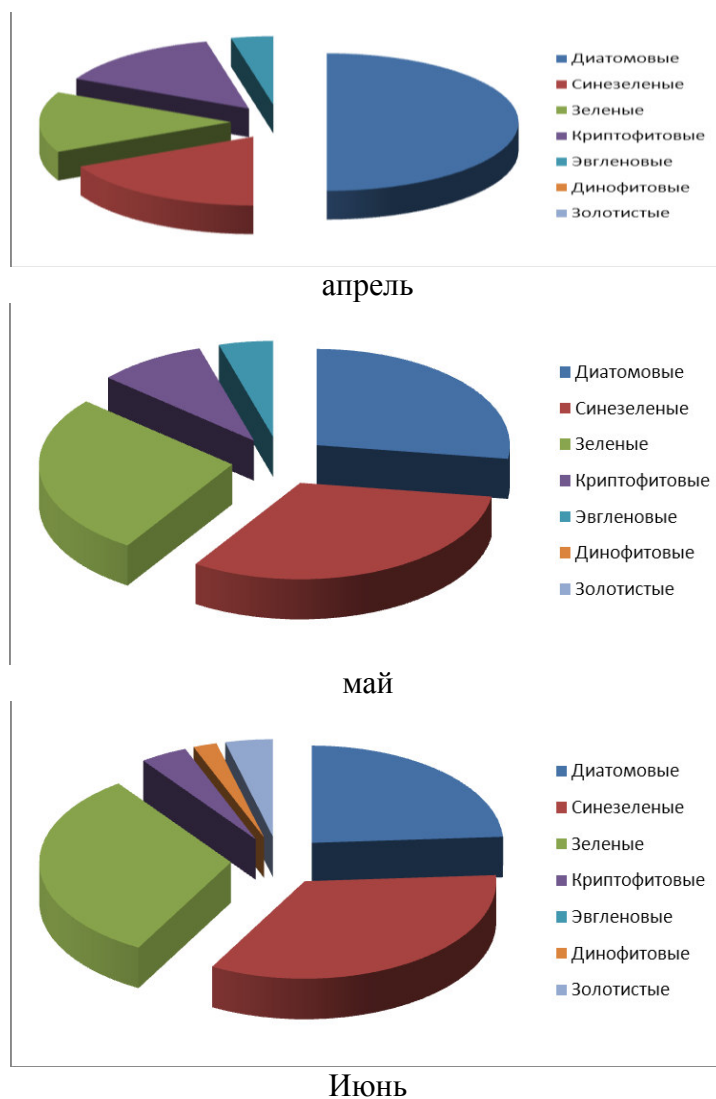


Рис. 3. – Сезонное изменение видового состава фитопланктона



**Таблица 4** – Корреляционная зависимость структурно-функциональных показателей фитопланктона в Приплотинном плесе в зоне влияния продувочных вод от близости к месту водосброса и гидрологических факторов

Станции наблюдений	Апрель		Май		Июль	
	N*	B**	N*	B**	N*	B**
Ср. знач.	11,900	1,175	10,300	0,334	6,900	10,472
Станд. откл.	2,514	0,697	2,406	0,151	2,283	12,544
Корр. с 1	<b>0,237</b>	<b>-0,442</b>	0,069	<b>0,290</b>	-0,095	-0,146
Корр. с 2	-0,045	0,229	<u><b>-0,602</b></u>	0,135	<u><b>0,046</b></u>	<u><b>0,714</b></u>
Корр. с 3	-0,045	0,229	<u><b>-0,602</b></u>	0,135	<u><b>0,046</b></u>	<u><b>0,714</b></u>

Примечание: N\* – численность, тыс. экз./м<sup>3</sup>, B\*\* – биомасса, мг/м<sup>3</sup>

Исследование зоопланктона на акватории, прилегающей к дамбе АЭС, осуществляли с марта по июнь. В видовом составе сообщества встречено 21 форма зоопланктона. Из них коловраток - 9, ветвистоусых - 5, веслоногих ракообразных - 7.

В марте зоопланктонные организмы отсутствовали.

В апреле зоопланктоценоз представлен коловраточно-копеподным комплексом. По численности преобладали коловратки – до 30 тыс.экз./м<sup>3</sup>, по биомассе веслоногие ракообразные – до 187 мг/м<sup>3</sup> (табл. 5).

Ветвистоусые были представлены гораздо меньшими количествами. В марте-апреле велигеры моллюсков не встречались.

**Таблица 5** – Динамика численности и биомассы отдельных групп зоопланктона на акватории Приплотинного плеса, сопряженной с дамбой Ростовской АЭС

Месяц	Коловратки		Кладоцеры		Копеподы		Велигеры моллюсков		Весь зоопланктон	
	N*	B**	N	B	N	B	N	B	N	B
Март	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Апрель	30,70	12,05	0,00	0,05	26,51	187,83	0	0	57,22	199,94
Май	5,48	24,16	8,56	788,71	3,81	72,05	1,70	22,16	19,56	1027,08
Июнь	11,21	58,53	0,52	193,20	2,05	37,66	1,30	16,89	15,08	306,27
В среднем за период наблюдений	11,84	23,685	2,27	245,49	8,09	74,39	0,75	9,76	22,97	383,32

Примечание. N\* - численность, тыс.экз./м<sup>3</sup>; B\*\* - биомасса, мг/м<sup>3</sup>.

Доминирующими видами в апреле являлись: из коловраток – *Keratella quadrata*, из веслоногих – науплиальные и копеподитные стадии развития ракообразных, а также *Cyclops* sp.

В июне, по численности и биомассе ведущее положение занимали ветвистоусые ракообразные, до 9 тыс.экз/м<sup>3</sup> и 788 мг/м<sup>3</sup>, соответственно. Веслоногие и коловратки развивались в меньших количествах. В составе сообщества присутствовали велигеры моллюсков, до 2 тыс.экз/м<sup>3</sup> по численности и до 22 мг/м<sup>3</sup> по биомассе. В пробах чаще всего встречались: из коловраток – *Euchlanis deflexa*, *Brachyonus diversicornis*, *Keratella quadrata*, из ветвистоусых - *Podonevadne trigona*, *Bosmina longirostris*, из веслоногих –

науплиальные и копеподитные стадии развития ракообразных, а также *Heteroscore caspia*.

Анализ материала по интенсивности развития зоопланктона в период продувки и после нее свидетельствует о том, что во время продувки на всех исследуемых профилях биомасса была невысокой. После продувки на отдельных участках профилей биомасса увеличилась в несколько раз, по сравнению с продувочным периодом.

Видовой состав зоопланктона во все исследуемые периоды оставался идентичным для этих же периодов в предшествующие годы.

Проведенный корреляционный анализ биомассы и численности зоопланктона в различных контрольных точках отбора проб от гидрологических факторов: 1) близости к месту сброса воды из водоема-охладителя, м; 2) близости к береговой зоне, м; 3) глубине в точке отбора пробы, м; показал присутствие небольшого непосредственного влияния сбрасываемых вод на структурно-функциональные показатели фитопланктона в период осуществления продувки (табл. 6). В июне, после окончания сброса такая зависимость полностью отсутствует, и показатели зоопланктона зависят в основном от глубины в точке отбора проб.

**Таблица 6** – Корреляционная зависимость структурно-функциональных показателей зоопланктона в Приплотинном плесе в зоне влияния продувочных вод от близости к месту водосброса и гидрологических факторов

Станции наблюдений	Апрель		Май		Июнь		В среднем за сезон	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Ср. знач.	18,419	0,099	20,353	107,255	86,967	1865,37	41,231	657,57
Станд. Откл.	11,178	0,092	13,472	76,448	44,810	1123,49	20,262	390,57
Корр. с 1	-0,383	-0,531	<b>-0,574</b>	<b>-0,619</b>	-0,414	-0,535	-0,491	-0,553
Корр. с 2	-0,362	-0,428	0,014	-0,078	<b>-0,630</b>	<b>-0,673</b>	<b>-0,580</b>	<b>-0,650</b>
Корр. с 3	<b>-0,582</b>	-0,396	-0,106	-0,183	<b>-0,794</b>	<b>-0,717</b>	<b>-0,747</b>	<b>-0,699</b>

Таким образом, продувочные воды не оказали существенного влияния на структурно-функциональные характеристики зоопланктоценоза, и сроки ее проведения не нарушали общих закономерностей развития сообщества в исследуемой экосистеме.

В период исследований в наблюдаемых бентоценозах было встречено 32 таксономические единицы донных беспозвоночных, в т.ч. олигохет – 6 видов, личинок хирономид – 6, высших ракообразных – 8, полихет – 2, моллюсков – 6, прочие – 4 (ручейники и пиявки). С наибольшим представительством в группе ракообразных. Более 60% всех бентонтов относилось к типичным пелофильным животным, т.к. доминирующие илистые грунты определяли фаунистический состав бентоценоза района мониторинга.

Исследования зообентоса показали, что число регистрируемых видов на отдельных станциях колебалось от 4 до 17 форм (в среднем 9). Наибольшее разнообразие донных животных закономерно было встречено на илисто-песчаном грунте (17 видов на станции 300 м ниже водовыпуска дамбы АЭС в 100 м от берега на

глубине 4 м). Наименьшее число бентонтов закономерно регистрировалось на глинисто-илистом грунте от 4 (на станции в 1,5 км от водовыпуска на глубине 3,8 м) до 10 (на входе в Мокросолоновскую балку на глубине 2 м) – в среднем 7. На илистых грунтах на глубине 4-5 м фиксировалось от 6 до 14 таксонов (в среднем 9,5).

Ядро массовых видов (с встречаемостью 33-78%) составили 12 бентонтов: *Pterocuma pectinata*, *Pterocuma sowinskyi* – из высших ракообразных, *Potamothenix moldaviensis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Potamothenix hammoniensis*, *Limnodrilus claparedeanus*, *Hypaniola kowalewskii* – из червей, *Cryptochironomus defectus*, *Chironomus plumosus* – из личинок хирономид, *Dreissena polymorpha*, *Viviparus viviparus* – из моллюсков, *Herpobdella octoculata* – из группы прочие, которые являются массовыми формами и для всего Цимлянского водохранилища. За счёт них в Цимлянском водохранилище на протяжении многих лет донные кормовые ресурсы находятся на достаточно высоком уровне.

В исследуемой акватории наиболее существенный вклад в количественные показатели суммарного бентоса на большинстве станций наблюдений вносили *Potamothenix moldaviensis*, *Limnodrilus claparedeanus*, *Hypaniola kowalewskii*, *Chironomus plumosus*, *Pterocuma pectinata*, *Pterocuma sowinskyi*, *Dreissena polymorpha* и *Viviparus viviparus*. На отдельных мониторинговых участках высокие показатели определялись интенсивным развитием видов с встречаемостью 11...22 % – *Dikerogammarus haemobaphes*, *Gammarus* (*Chaetogammarus*) *behningi*, *Hypania invalida* и *Hypanis* (*Monodacna*) *colorata*. Вышеуказанное свидетельствует об идентичности доминирующих видов, и о том, что влияние сброса вод из водоема-охладителя АЭС на качественные характеристики наблюдаемых бентоценозов не проявилось.

В весенний период интенсивность развития макрозообентоса в районе исследований характеризовалась средними показателями суммарной численности 6255,11 экз./м<sup>2</sup> и биомассы 854,79 г/м<sup>2</sup>, в том числе, «мягкого» бентоса 5245,57 экз./м<sup>2</sup> и 19,837 г/м<sup>2</sup> (табл. 7).

Колебания показателей по станциям были в интервале величин для общего бентоса 480...21200 экз./м<sup>2</sup> и 1,544...1827,56 г/м<sup>2</sup>, для «мягкого» – 400...14480 экз./м<sup>2</sup> и 0,444...17,24 г/м<sup>2</sup>. Основу бентоса формировали моллюски (24,9 % численности и 98,0 % биомассы), мягкотелые вносили существенный вклад только в суммарные показатели численности – черви (45,85 %), личинки хирономид (17,2 %) и ракообразные (11,3 %). Их доля в суммарной биомассе была незначительна – не более 2 %, в том числе, 1,3 % за счет червей и личинок хирономид и 0,5 % – ракообразных. Лидирование в «мягком» бентосе весной червей и личинок хирономид в бентосе характерно для Цимлянского водохранилища. По многолетним наблюдениям данные группы животных могут составлять 90 % общей численности (до 17468 экз./м<sup>2</sup>) и 30 % биомассы (до 34,597 г/м<sup>2</sup>) бентоса.

В многолетнем аспекте анализ полученных при расчете данных за период 2010-2016 гг. показал, что функциональное состояние донного сообщества в исследуемом районе Цимлянского водохранилища характеризовалось средними показателями общего бентоса 7911,8 экз./м<sup>2</sup> и 485,6 г/м<sup>2</sup>, в том числе, «мягкого» бентоса 6033,3 экз./м<sup>2</sup> и 10,329 г/м<sup>2</sup>, которые формировали моллюски (23,5 % численности и 97,5 % биомассы) и олигохеты (58 % и 1,5 %, соответственно). Развитие макрозообентоса в текущем году по своим количественным показателям входило в пределы их годовых колебаний – для общего бентоса 4917...11422 экз./м<sup>2</sup>, 216,96...707,31 г/м<sup>2</sup>, в том числе, для «мягкого» 4255...8346 экз./м<sup>2</sup> и 6,13...13,71 г/м<sup>2</sup>, что свидетельствует о достаточной стабильности бентоценозов на исследуемом участке.

**Таблица 7** – Средние значения численности и биомассы зообентоса в апреле, мае и июне

Группы организмов	Апрель		Май		Июнь	
	экз./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	экз./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>	экз./м <sup>2</sup>	г/м <sup>2</sup>
Олигохеты	1467,9	6,932	604,3	3,991	1625,5	8,666
Полихеты	3633,1	12,784	3184,9	3,326	5492,3	12,473
Хирономиды	36,0	0,275	10,2	0,018	35,8	0,222
Ракообразные	585,2	1,270	45,3	0,148	478,0	1,080
Моллюски	1117,6	924,291	594,1	433,683	1354,1	1069,807
Прочие	84,7	0,698	73,9	2,097	127,7	2,347
Всего	6924,4	946,251	4512,6	443,265	9113,4	1094,596
всего "мягкий"	5806,8	21,960	3918,5	9,581	7759,2	24,789

Развитие донного сообщества в точке непосредственного предполагаемого воздействия продувочных вод в 300 м от водовыпуска в летний период текущего года характеризовалось суммарными показателями 1840 экз./м<sup>2</sup> и 16,56 г/м<sup>2</sup>, которые входили в пределы межгодовых колебаний численности (6893...19960 экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (6,460...1174,440 г/м<sup>2</sup>), регистрируемых на исследуемой акватории, и укладывались в таковые многолетних показателей по всему плесу (643...34670 экз./м<sup>2</sup> и 2,34...4560,55 г/м<sup>2</sup>).

Таким образом, по результатам качественно-количественного анализа материалов фаунистический состав макрозообентоса исследуемой акватории идентичен таковому Цимлянскому водохранилища. Определяющим фактором структуры донного сообщества является глубина и тип грунта. Доминирующие на участке в зоне глубин 2...5 м биотопы с илистыми, с песчано- и глинисто-илистыми грунтами с примесью ракушки формируют бентоценозы с лидированием моллюсков и олигохет - типичных пелофильных животных. Полученные количественные показатели не выходят за пределы годовых флуктуаций. На основании этого можно заключить, что влияние сброса подогретых вод на структурно-функциональные показатели зообентоса плеса, в целом, не проявлялось. Развитие макрозообентоса на исследуемой акватории определяется общими закономерностями, характерными для Цимлянского водохранилища.

Результаты комплексных гидрохимических и гидробиологических исследований на акватории Приплотинного плеса Цимлянского водохранилища, выполненные в весенний и летний меженный периоды 2010-2016 гг. в связи осуществлением продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС позволяют сделать выводы, что изъятие 1/5 части водного объема водоема-охладителя и наполнение его водой из Цимлянского водохранилища в период продувочных работ существенно не изменили условий среды обитания водных сообществ на прилегающей акватории Приплотинного плеса в районе прохождения продувочных вод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакаева, Е.Н. и др. Экотоксичность вод приплотинного участка цимлянского водохранилища [Текст] / Е.Н. Бакаева, Н.А. Игнатова, Г.Г. Черникова // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – Спецвыпуск(3). – С. 5–11.
2. Горелов, В.П. Состояние донных кормовых ресурсов Цимлянского водохранилища (по данным 1998-1999 гг.). // Рыбохозяйственные исследования в бассейне Волго-Донского междуречья на современном этапе. – СПб, 2002. – С. 53–61.
3. Горелов В.П. и др. Эколого-гидробиологическая и ихтиологическая характеристика водоема-охладителя Ростовской АЭС и перспектива его рыбохозяйственного использования [Текст] / В.П. Горелов, В.В. Бедро, В.С. Болдырев, М.Р. Ибрагимов, Н.В. Кучишкина, Т.Б. Лысак, Т.П. Шевлякова // Мат-лы научн.-практ. конф. «Проблемы развития атомной энергетики на Дону», Ростов-на-Дону, 29 февраля-1 марта 2000 г. – Ростов н/Д, 2000. – Т. 1. – С. 170–173.
4. Горская, О.И. Организация и проведение периодической продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС [Текст] / О.И. Горская // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – Спецвыпуск(3). – С. 44–50.
5. Калинина, С.Г. Структурные и продукционные характеристики фитопланктона Цимлянского водохранилища [Текст] / С.Г. Калинина // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1987. – Вып. 265. – С. 54–62.
6. Калинина, С.Г. и др. Улучшение экологического состояния приплотинного плеса Цимлянского водохранилища методом альголизации [Текст] / С.Г. Калинина, Е.А. Ходяков, С.В. Яковлев // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – Спецвыпуск(3). – С. 72–82.
7. Проведение работ по биологическому мониторингу в Цимлянском водохранилище в районе продувки водоема-охладителя и по оценке эффективности РЗУ при проведении продувки водоема-охладителя Ростовской АЭС. – Фонды Ростовской АЭС, 2010–2016.
8. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1983. / Под ред. к.б.н. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
9. Хоружая, В.В. и др. Многолетняя динамика эффективности размножения рыб в Приплотинном плесе Цимлянского водохранилища [Текст] / В.В. Хоружая, С.В. Яковлев // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – Спецвыпуск(3). – С. 21–27.
10. Черешнева Л.А. Структурно-функциональные характеристики зоопланктона на мелководных биотопах Цимлянского водохранилища. Материалы XIV школы-конференции молодых ученых «Биология внутренних вод» [Текст] / Л.А. Черешнева. – Борок: ИБВВ РАН, 2010.

## REFERENCES

- [1] Bakaeva E.N., Ignatova N.A., Chernikova G.G. E'kotoksichnost' vod priplotinnogo uchastka cimlyanskogo vodohranilishha [Ecotoxicity of Waters of the Tsimlyansk Reservoir Dam Site]. Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2012, Specvypusk(3), eISSN 2499-9733, ISSN 2305-414X, pp. 5–11. (in Russian)
- [2] Gorelov V.P. Sostoyanie donnyh kormovyh resursov Cimlyanskogo vodohranilishha (po dannym 1998–1999 gg.) [Condition of Ground Fodder Resources of the Tsimlyansk Reservoir (according to 1998–1999)]. Ryboxozyajstvennye issledovaniya v bassejne Volgo-Donskogo mezhdurech'ya na sovremennom etape [Fishery Researches in the Basin of Volga-Don at the Present Stage], Sankt-Peterburg, 2002, pp. 53–61. (in Russian)
- [3] Gorelov V.P., Bedro V.V., Boldyrev V.S., Ibragimov M.R., Kuchishkina N.V., Lysak T.B., Shevlyakova T.P. E'kologo-gidrobiologicheskaya i ihtiologicheskaya xarakteristika vodoema-ohladitelya Rostovskoj AE'S i perspektiva ego ryboxozyajstvennogo ispol'zovaniya [Ecological and Hydrobiological, Ichthyological Characteristic of Cooling Pond of the Rostov NPP and Prospect of its Fishery Use]. Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy razvitiya atomnoj e'nergetiki na Donu», Rostov-na-Donu, 29 fevralya-1 marta 2000 goda. Rostov-na-Donu [Materials of the scientific practical conference "Problems of Development of Nuclear Power in Don Region", Rostov-on-Don, on February-1 29 March, 2000 – Rostov-on-Don], 2000, T. 1, pp. 170–173. (in Russian)
- [4] Gorskaya O.I. Organizaciya i provedenie periodicheskoy produvki vodoema-ohladitelya Rostovskoj AE'S [Organization and Carrying Out a Periodic Purge of the Rostov NPP Cooling Pond] Globalnaya yadernaya bezopasnost [Global nuclear safety], 2012, Specvypusk(3), eISSN 2499-9733, ISSN 2305-414X, pp. 44–50. (in Russian)
- [5] Kalinina S.G. Strukturnye i produkcionnye harakteristiki fitoplanktona Cimlyanskogo vodohranilishha [Structural and Productional Characteristics of Tsimlyansk Reservoir

- Phytoplankton]. Sbornik nauchnyh trudov GosNIORH [Collection of scientific works of State Research Institute of Lake and River Fishery], 1987, Issue 265, pp. 54–62. (in Russian)
- [6] Kalinina S.G., Xodyakov E.A., Yakovlev S.V. Uluchshenie e'kologicheskogo sostoyaniya priplotinnogo plesa Cimlyanskogo vodoxranilishha metodom al'golizacii [Improvement of Ecological Condition of the Tsimlyansk Reservoir Dam Reach by an Algalization Method]. Globalnaya yadernaya bezopasnost' [Global nuclear safety], 2012, Specvypusk(3), eISSN 2499-9733, ISSN 2305-414X, pp. 72–82. (in Russian)
- [7] Provedenie rabot po biologicheskomu monitoringu v Cimlyanskom vodoxranilishhe v rajone produvki vodoema-oxladitelya i po ocenke e'ffektivnosti RZU pri provedenii produvki vodoema-oxladitelya Rostovskoj AE'S [Work on Biological Monitoring in the Tsimlyansk Reservoir around Cooling Pond Purge and According to Effectiveness when Carrying Out Cooling Pond Purge of the Rostov NPP.]. Fondy Rostovskoj AE'S [Funds of the Rostov NPP], 2010–2016. (in Russian)
- [8] Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverxnostnyx vod i donnyh otlozhenij [Guide to Methods of the Hydrobiological Analysis of the Surface Water and Ground Deposits]. 1983. Pod red. k.b.n. V.A. Abakumova [Edited by]. Leningrad. Pub. Gidrometeoizdat [Gidrometeoizdat], 1983. (in Russian)
- [9] Xoruzhaya V.V., Yakovlev S.V. Mnogoletnyaya dinamika e'ffektivnosti razmnozheniya ryb v Priplotinnom plese Cimlyanskogo vodoxranilishha [Long-term Dynamics of Effectiveness of Fish Manifolding in the Tsimlyansk Reservoir Dam Reach]. Globalnaya yadernaya bezopasnost' [Global nuclear safety], 2012, Specvypusk(3), eISSN 2499-9733, ISSN 2305-414X, pp. 21–27. (in Russian)
- [10] Cheresheva L.A. Strukturno-funkcional'nye harakteristiki zooplanktona na melkovodnyh biotopah Cimlyanskogo vodoxranilishha [Structurally Functional Characteristics of Zooplankton on Shallow Biotopes of the Tsimlyansk Reservoir]. Materialy XIV shkoly-konferencii molodyx uchenykh «Biologiya vnutrennih vod» [Materials XIV of school conference of young scientists "Biology of Internal Waters"]. Borok: IBVV RAN [Institute for Biology of Inland Waters Russian Academy of Sciences], 2010. (in Russian)

### Results of Long-Term Biological Monitoring in the Tsimlyansk Reservoir in the Cooling Pond Purge of Rostov NPP

**O.I. Gorskaya\*, S.V. Yakovlev\*\*, L.A. Cheresheva\*\*, V.M. Sapelnikov \*\*\***

\* «Rostov Nuclear Power Plant» the Branch of «Rosenergoatom Concern» OJSC,  
Volgodonsk-28, Rostov region, Russia 347388  
e-mail: gorskayavdonsk@rambler.ru  
ORCID: 0000-0003-3377-4654

\*\* Volgograd Branch of Berg State Research Institute of Lake and River Fishery  
Pugachevstaya St., 1, Volgograd, Volgogradsaya region, Russia, 400001

\*\*\* Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI",  
Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 34736  
e-mail: viti@mail.ru  
ORCID: 0000-0001-5792-5344  
WoS ResearcherID: J-7364-2017

**Abstract** – Annual work on biological monitoring in the Tsimlyansk reservoir in the area of cooling pond purge of Rostov NPP is carried out the eighth year during the purging period (April, May), and also before and after the end of purging (March, June). The object of the study is the main biocenoses (phytoplankton, zooplankton, zoobenthos) and water composition of the Tsimlyansk reservoir in the water area near the Rostov NPP.

**Keywords:** Tsimlyansk reservoir, Rostov NPP, cooling pond purge, biocenoses, water composition.