

## ВЛИЯНИЕ ЛЕБЕДИНСКОГО ГОКА НА ДОННЫЕ ЗООЦЕНОЗЫ ВОДОЕМОВ 10-КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ

А.Е. Силина<sup>1)</sup>, И.Н. Костылев<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Белгородский государственный университет, 308015, Белгород, ул. Победы, 85  
allasilina@list.ru

<sup>2)</sup>Воронежский филиал ФГУ «ЦЛАТИ по ЦФО», 394049, Воронеж, Рабочий проспект, 101/б  
igor-nikolaevich@yandex.ru

В статье приводятся результаты исследований доминантной и трофической структуры донных зооценозов и содержания тяжелых металлов в донном грунте и почве прибрежных биотопов водоемов в 10-километровой зоне Лебединского ГОКа в июне-октябре 2006 г. Выявлено превышение по кларку и ОДК (Cd) и ПДК для некоторых тяжелых металлов (Pb, Zn, Ni) в донном грунте балочного пруда в охранной зоне заповедника «Белогорье». Проведен сравнительный анализ зоогеографического и экологического состава донной фауны, дана оценка качества воды.

Ключевые слова: тяжелые металлы, макрозообентос, доминанты, разнообразие, трофическая структура, качество воды.

Происхождение балочного пруда в охранной зоне заповедника «Белогорье» (участок «Ямская степь») связано с работой Лебединского ГОКа, начавшего свою деятельность в конце 60-х годов прошлого столетия. После возникновения в 80-х годах каскада хвостохранилищ отработанные промышленные воды, наполняющие их ложа, по свежесозданным рыхлым, не спрессовавшимся грунтовым пластам через короткий и быстрый путь фильтрации поступают в верхний водоносный горизонт территории, прилегающей к заповеднику, и в интенсивном режиме разгружаются в балки (первоначально – в ложе балки Чуфачева). После строительства насыпной дамбы через балку Суры, изменившей направление разгрузки подземных вод, у подошвы дамбы образовался пруд, фактически являющимся отстойником вод хвостохранилища. Параллельно происходило повышение уровня грунтовых вод мелового водоносного горизонта под влиянием купола техногенных вод хвостохранилища. Насыщение вод и грунтов понижений охранной зоны солями, биогенами и металлами в тех высоких концентрациях, которые поступают с водами разгрузки от хвостохранилища, со временем может привести к изменению их естественных концентраций в грунтовых водах территории заповедного участка «Ямская степь», что может сказаться на составе и состоянии растительных и животных комплексов.

Целью наших исследований являлась оценка состояния донных животных сообществ водоемов 10-км зоны Лебединского ГОКа в связи с загрязнением донных грунтов. Основные задачи: выявление концентрации тяжелых металлов в донных грунтах, изучение состава и структуры донных зооценозов водоемов балки Суры, оценка их состояния в сравнении с зооценозами пруда у с. Успенка в 10-12 км от балки, и хвостохранилища ГОКа, оценка качества воды по гидробиологическим показателям.

### Материал и методика

Исследуемые водоемы в зоне воздействия Лебединского ГОКа расположены на территории Губкинского района Белгородской области. Обследования проводились 23-26 июня и 10-11 октября 2006 г. на пяти водоемах: пруд у с. Успенка (контроль), пруд-отстойник, родник и ручей в балке Суры, и гидроотвал близлежащего к балке Суры сектора хвостохранилища.

**Пруд-отстойник** в донной части балки Суры находится в 1-км охранной зоне заповедника, в 200 м от его северной границы, на высоте 150-160 м.

В нынешнем состоянии пруд функционирует 10 лет. Площадь его водной поверхности – 1,5-2 га, в среднем 1,8 га. Максимальный объем воды при заполнении составляет 15 млн м<sup>3</sup>, минимальный – 1,3 млн м<sup>3</sup>. Для поддержания постоянного уровня воды в балке с 1997 г. по настоящее время работает насосная станция, ежегодно откачивающая 12-14 млн м<sup>3</sup> воды. Станция расположена на левобережье (от вершины пруда) и работает ежедневно с 9 до 17 час, остальное время суток осуществляется наполнение балки. Ежедневная сработка уровня в результате откачки составляет 35-45 см. При этом осушается часть мелководий, главные водоподающие ключи остаются вне зеркала пруда и функционируют как отдельные водотоки. Средние глубины в рабочем режиме насоса составляли 0,4-0,5 м, в литоральной зоне – от 0,1 до 0,6 м, в центральной глубины не превышали 1,1 м, без откачки – до 1,5-1,6 м. Температура воды в июне составляла в роднике +8° С, в ручье - +11,0°, в приплотинном участке - +11,5° в центральном участке +12,5-16,0° в вершинном участке - +12,0°, в литорали центра пруда-отстойника - на 6°-8° ниже, чем в литорали пруда у с. Успенка и в гидроотвале. Таким образом, данный водоем является мелководным малым холодноводным балочным прудом с регулируемым уровневый режимом и смешанным (атмосферно-родниковым) питанием, и, исходя из возраста водоема, должен представлять собой сукцессионно молодую экосистему.

При обследовании нами выделены три участка пруда. *Вершинный участок*, расположенный в юго-юго-восточной части балки, в котором со стороны северо-западного склона происходит каскадная разгрузка грунтовых вод (станция VII) наряду с постоянно действующим мощным ключом у уреза воды с юго-западной стороны (станции VIII, IX). *Приплотинный участок* испытывает максимальное влияние родниковых вод (станция I), особенно в месте впадения крупного ручья в северной точке пруда, справа от дамбы, который обследовался в устьевой зоне (станции X, XI). *Центральный участок* начинается у южной границы распространения рогозовой ассоциации и заканчивается за насосной станцией. Характеризуется однородностью биоценотического покрова, сильным илонакоплением и сплошным зарастанием рдестами и нитчатými водорослями. Обследовались станции в право- и левобережной литорали (III, VI), и профундали (VI, V).

Из полупогруженной водной растительности выявлены: тростник южный (*Phragmites australis* (Cav.)), рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), при отсутствии пояса растений с плавающими листьями. Погруженные макрофиты представлены в основном рдестом нитевидным (*Potamogeton filiformis* Pers.) – видом, обитающим в ручьях, речках, заливах, озерах, иногда в солоноватой воде [1]. Летом наблюдалось сплошное зарастание почти всей акватории пруда, за исключением зон непосредственного влияния родниковых вод с плотным дном, где его ценопопуляция была сильно разрежена и представлена более мелкими размерами растений. В профундали, ближе к левому берегу, обнаружена единственная небольшая ассоциация рдеста курчавого (*P. crispus* L.). Из одноклеточных водорослей в ручье, роднике и пруде-отстойнике выявлены желто-зеленые (в массе), преимущественно р. *Tribonema*, сине-зеленые р. *Oscillatoria* и др., и диатомовые водоросли рр. *Pinullaria*, *Tabellaria*, реже – *Asterionella*, *Gomphonema*, и др., свидетельствующие о загрязнении воды. Из нитчатых водорослей отмечены *Cladophora* и *Spirogyra*.

**Пруд у с. Успенка** расположен в 10-12 км юго-западнее заповедного участка «Ямская степь». В июне 2006 г. обследовалась открытая и защищенная литораль (станции XII, XIII) с глубинами до 0,5 м, илисто-песчаным плотным грунтом, заросшая макрофитами, характерными для балочных прудов региона: из погруженных растений - роголистником темно-зеленым (*Ceratophyllum demersum* L.), из плавающих – ряской трехдольной (*Lemna trisulca* L.), из полупогруженных - рогозом широколистным (*Typha latifolia* L.). Из нитчатых водорослей массово развивается *Cladophora*, единично отмечен *Oedogonium*, редко встречаются диатомовые рр. *Pinullaria*, *Gomphonema*. По берегу - деревья и кусты ив.



**Хвостохранилище Лебединского ГОКа.** Отбор проб в гидроотвале хвостохранилища проводился в июне 2006 г. в прибрежной части у насыпной дамбы, по которой проходит основная дорога, в 1-1,5 км от балки Суры (станция XIV). Прибрежье гидроотвала хвостохранилища представляет собой песчаную платформу почти без растительности (на площади более 1 га обнаружен единственный экземпляр солянки сорной), обводненная его часть - меловую «линзу» сметанообразной консистенции, по поверхности которой растекаются постоянные неглубокие потоки шириной до 1-2 м, глубиной до 0,1 м. Вода в потоках прозрачная, кремово-розового оттенка (по [2]) прозрачность до 5 см, сравнительно высокие показатели минерализация воды и содержания меловых взвесей). Вдоль и на потоках отмечены единичные скопления нитчатых водорослей р. *Srirogyra*, представлявших собой монокультуру с конъюгирующими клетками. Единично отмечены зеленые водоросли р. *Oedogonium*. По краю дамбы произрастают одиночные деревья облепихи. По данным Ю. Л. Волынкина с соавторами [2] в водоеме обитает 4 вида зоопланктона, в том числе коловратки *Brachyonus calicyflorus* и *Keratella cochlearis*, ветвистоусые рачки *Bosmina longirostris*, из позвоночных – рыбы пескарь, уклейка, бычок-кругляк. Эти же авторы отмечали альбинизм покровов и изменения пропорций некоторых морфологических признаков у рыб. Нами визуально отмечены крупные экземпляры лягушки озерной.

К особенностям гидрохимического режима пруда-отстойника и впадающих в него родниковых вод (по данным осенней съемки) следует отнести повышенное содержание сульфатов (1,8 ПДК для рыбохозяйственных водоемов), железа (1,9-3 ПДК), по нитритам в приплотинном участке – 2,3 ПДК, в центре – 1,6 ПДК. При сравнении концентраций веществ в различных участках пруда от приплотинного участка к вершинному наблюдалось снижение содержания хлоридов вдвое, нитратов – втрое. Максимальная концентрация фторидов отмечена в защищенной литорали, Общая минерализация средняя, рН слабощелочная, прозрачность низкая (12 см), концентрация кислорода высокая (10,8 мг/м<sup>3</sup>), общая жесткость, как и содержание кальция и магния невысокие, сходные с показателями для речных и пойменных водоемов, содержание в воде кадмия превышает ПДК в 1,23 раза. Несмотря на очевидную тенденцию повышения концентраций солей в направлении к приплотинному участку (что подтверждает влияние хвостохранилища), сами показатели являются невысокими, что, очевидно, связано с недоучетом взвешенной фракции, удаленной при осветлении. По сравнению с прудом-отстойником, в пруде у с. Успенка отмечено: увеличение прозрачности вдвое (28 см), снижение показателей общей жесткости - на треть, щелочности – в 1,35 раза, концентрации кальция – в 1,8 раза, железа – в 2,5 раза, хлоридов – в 3,4 раза, сульфатов – в 1,6, марганца – в 2 раза, однако превышение ПДК по кадмию выше, чем в отстойнике (в 3,3 раза), при повышении содержания магния в 1,2 раза (данные ФГУ «ЦЛАТИ по ЦФО», Белгородский филиал, ФГУ «Центр гигиены и эпидемиологии в Белгородской области», г. Губкин).

Отбор проб донного грунта для химического анализа проводился 26 июня 2006 г. в прибрежье гидроотвала хвостохранилища (1,5 м от берега, грунты карбонатные с незначительной примесью органических остатков – илистые отложения), в литорали пруда в балке Суры (вершинный участок – глинистые отложения, перекрытые тонкодисперсным черным илом с примесью меловой крошки; центральный участок – черный ил с примесью серой глины и детрита, с ржаво-бурым налетом; приплотинный участок – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый среднемощный), в литорали пруда у с. Успенка (крупный слегка заиленный серый песок с примесью детрита). Пробы отбирали дночерпателем, по 2 черпания на 1 м<sup>2</sup>, затем грунт перемешивали, высушивали при комнатной температуре на фильтровальной бумаге. Пробы почвенного грунта отбирали в 3 пунктах послойно с глубины 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см: прибрежье гидроотвала хвостохранилища у дамбы, в 1-1,5 км от балки Суры; «Ямская степь», в 2,5 км от гидроотвала; прибрежье пруда у с. Успенка, в 10-12 км от балки Суры.

Содержание тяжелых металлов определяли в кислотной вытяжке на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Пробы макрозообентоса отбирали ковшевым дночерпателем с площадью захвата дна  $1/40 \text{ м}^2$  (по два черпания на одну пробу) на 14 станциях (всего 30 количественных и качественных проб, 3946 экз. беспозвоночных). Численность рассчитывали в экз. на  $1 \text{ м}^2$ , биомассу – в г на  $1 \text{ м}^2$ , выявление вида сообществ проводилось по индексу плотности [3]. Для описания структуры сообществ применялись индексы Шеннона и их производные (показатель выровненности (V), концентрации численности и биомассы ( $C_N$ ,  $C_B$ ) устойчивости сообществ (A) [4], энтропийный показатель фон Форстера (F)) и индекс видового разнообразия Маргалефа ( $\alpha$ ) [5]. Данные по пищевой специализации видов взяты из монографии [6] и отдельных работ Э.И. Извековой [7, 8] и др. Для оценки качества воды использовали четыре индекса, принятых в гидробиологии: биотический индекс Вудивисса, олигохетный индекс Гуднайта-Уитлея, хирономидный индекс Балушкиной [9] и сапробный индекс, рассчитанный по методу Зелинки-Марвана в модификации Сладчека [10, 11, 12].

**Благодарности.** Общее руководство научных исследований осуществлялось директором заповедника «Белогорье» А.С. Шаповаловым. Определение водных клопов и жуков проводилось А.А. Прокиным, определение водных растений - Н.Ю. Хлызовой. Большую помощь в сборе гидробиологического материала оказала Е.Ю. Аникеенко, консультации по отдельным вопросам получены от Е.Н. Животовой и О.Н. Коротеевой. Авторы выражают всем специалистам глубокую признательность за помощь в работе.

### Результаты и их обсуждение

**Концентрация тяжелых металлов в донном и наземном грунте.** Содержание в донных отложениях пруда в балке Суры некоторых, в том числе тяжелых металлов, превышает как фоновое их содержание в черноземных почвах средней полосы России, так и их предельно допустимые концентрации.

Валовое содержание **кадмия** в донных отложениях пруда в 4,0-6,7 раза превышает кларк, снижаясь в центральном участке на 40% и превышая контроль в 3,2 раза, в центральном – в 1,9, в вершинном – в 2,14 раза. Его валовая концентрация в 1,6-3,4 раза превышала таковую в прилегающих к водоему грунтах побережья (табл.1). Превышение концентрации подвижных соединений кадмия в пруде отстойнике по отношению к контрольному водоему (пруд у с. Успенка) была 14,3-17,4-кратной (табл. 2), по отношению к прилегающим грунтам берегов 13,2-кратной. Максимум загрязнения отмечен в приплотинном участке, уменьшаясь в центре на 14-21%.

Валовое содержание **свинца** в донных грунтах отстойника находилось в пределах фона для чернозема средней полосы и не превышало ПДК, однако по подвижным формам превышение для фона отмечено в 1,13-1,3 раза, для ПДК - 3,4-4,0 раза, при этом вновь наблюдалось снижение его концентрации в центральном участке на 15%. В данном случае важно многократное его превышение по отношению к контролю – в 8,9-10,5 раз, что, в связи с токсичностью свинца, как и кадмия, для биоты, приводит к изменению экологического облика зоокомплексов данного водоема, по сравнению с естественным аборигенным его составом.

Концентрация **железа** по валовому содержанию в донном грунте пруда-отстойника в 9,2-13,2 раза превышает контроль, но не превышает его содержание в прибрежных грунтах. Примечательно многократное ее возрастание (в 4,4-6,4 раза) по сравнению с донным грунтом гидроотвала хвостохранилища ГОКа, хотя по другим элементам эти величины были близки, особенно с приплотинным участком пруда-отстойника. Подвижные формы железа лишь в центральной части пруда обнаруживают превышение контрольной концентрации в 4,3 раза, аккумулируясь в донных грунтах в 15,6-19,3 раза интенсивнее, чем в наземных.

Таблица 1

**Концентрация тяжелых металлов (мг/кг)  
в почвах территории 10-километровой зоны влияния Лебединского ГОКа  
(июнь, 2006)**

| Элемент                   |       | Кадмий<br>(Cd)        | Марганец<br>(Mn)       | Свинец<br>(Pb)        | Цинк<br>(Zn)          | Железо<br>(Fe)        | Никель<br>(Ni)       | Хром<br>(Cr)         | Медь<br>(Cu)        |
|---------------------------|-------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Пункт,<br>горизонт,<br>см |       |                       |                        |                       |                       |                       |                      |                      |                     |
| Хвостохранилище ЛГОКа     | 0-10  | <u>0,585</u><br>0,535 | <u>153,5</u><br>94,6   | <u>10,8</u><br>9,75   | <u>28,5</u><br>12,5   | <u>8000</u><br>133,1  | <u>24,0</u><br>4,8   | <u>19,45</u><br>0,85 | <u>14,25</u><br>0,6 |
|                           | 10-20 | <u>0,785</u><br>0,695 | <u>157,0</u><br>54,55  | <u>13,75</u><br>12,05 | <u>44,5</u><br>9,55   | <u>8080</u><br>32,4   | <u>31,2</u><br>5,6   | <u>28,75</u><br>1,35 | <u>14,7</u><br>0,3  |
|                           | 20-30 | <u>0,725</u><br>0,78  | <u>155,1</u><br>33,2   | <u>13,9</u><br>12,6   | <u>46,3</u><br>10,7   | <u>7830</u><br>8,85   | <u>31,7</u><br>5,9   | <u>29,35</u><br>1,05 | <u>14,7</u><br>0,4  |
|                           | 0-10  | <u>0,505</u><br>0,115 | <u>155,4</u><br>19,35  | <u>16,95</u><br>3,65  | <u>52,3</u><br>11,7   | <u>6640</u><br>4,2    | <u>23,3</u><br>1,95  | <u>23,55</u><br>0,25 | <u>16,35</u><br>0,2 |
| Ямская степь              | 10-20 | <u>0,47</u><br>0,18   | <u>158,0</u><br>17,9   | <u>11,5</u><br>3,05   | <u>46,7</u><br>5,45   | <u>6997,5</u><br>2,8  | <u>25,25</u><br>1,65 | <u>27,4</u><br>0,15  | <u>15,6</u><br>0,1  |
|                           | 20-30 | <u>0,435</u><br>0,125 | <u>157,3</u><br>21,2   | <u>12,25</u><br>3,15  | <u>43,6</u><br>5,9    | <u>6862,5</u><br>4,85 | <u>25,4</u><br>1,65  | <u>26,95</u><br>0,1  | <u>14,95</u><br>0,1 |
|                           | 0-10  | <u>0,99</u><br>0,91   | <u>163,3</u><br>54,9   | <u>20,7</u><br>15,45  | <u>122,6</u><br>203,0 | <u>5657,5</u><br>7,15 | <u>26,45</u><br>7,45 | <u>15,95</u><br>1,8  | <u>15,05</u><br>0,5 |
|                           | 10-20 | <u>0,84</u><br>0,845  | <u>163,75</u><br>44,35 | <u>15,7</u><br>15,1   | <u>63</u><br>41,15    | <u>5562,5</u><br>6,5  | <u>26,4</u><br>7,4   | <u>14,4</u><br>1,85  | <u>16,3</u><br>0,4  |
| С. Успенка                | 20-30 | <u>0,9</u><br>0,71    | <u>162,65</u><br>36,65 | <u>15,25</u><br>14,0  | <u>57,2</u><br>33,95  | <u>5670</u><br>6,05   | <u>25,25</u><br>6,4  | <u>13,75</u><br>1,45 | <u>16,05</u><br>0,3 |

*Примечание к таблице:* в числителе – валовая концентрация, в знаменателе – концентрация подвижных форм.

Для **никеля** отмечено 13,5-11,2-кратное превышение контрольной концентрации в пруде-отстойнике по подвижным формам и 13,7-30,7-кратное по валовому содержанию, со снижением этих концентраций в центральном участке на 16% и 23%. Отмечено значительное превышение (в 2,7 и более раз в гидроотвале и отстойнике) содержания подвижных форм в донном грунте по отношению к наземным грунтам. Превышение ПДК подвижных форм никеля в донном грунте составило 3,0-3,5, по валовому содержанию – 1,2-1,6 раза, в наземном грунте у с. Успенка – в 1,9 раза.

Валовая концентрация **марганца** в донном грунте гидроотвала превышала контроль в 9,9 раза, в пруде-отстойнике – в 11,9-15,1 раза при максимуме в вершинной части пруда, по подвижным формам – соответственно в 8,6 и 14,2-24,6 раза. В наземном грунте отмечено значительное снижение концентрации подвижных форм от верхнего к нижнему горизонту почвы для хвостохранилища и с. Успенка. Во всех пунктах их концентрация была ниже, чем в донных грунтах гидроотвала и пруда-отстойника. Валовое содержание марганца было стабильным (в пределах 153,5-163,8 мг/кг), незначительно повышаясь у с. Успенка, и было выше, чем в донных грунтах для хвостохранилища – в 2,4 раза, для пруда-отстойника – в среднем в 1,9 раза, для с. Успенка – 25,5 раза, что свидетельствует о загрязнении донных грунтов балки Суры через поступающие воды разгрузки от хвостохранилища.

Содержание **цинка** в донном грунте гидроотвала превышает контроль в 8,8 раза, пруда-отстойника – в 7,5-15,9 раза по валовому содержанию и в 2,0 и 1,6-2,0 раза по подвижным формам, причем подвижные формы накапливаются в зонах разгрузки, а ва-

ловая концентрация выше в центральном участке пруда. По отношению к наземным грунтам цинк имеет более высокую концентрацию в донных грунтах хвостохранилища и пруда-отстойника, при этом отмечено резкое возрастание его содержания в наземном грунте у с. Успенка, достигающего 122,6 мг/кг по валовым формам и 203 мг/кг по подвижной форме в верхнем горизонте. Концентрация цинка, как и марганца, в большинстве случаев значительно снижается от верхнего к нижнему горизонту. Превышение ПДК в донных грунтах составили 1,6 раза в гидроотвале и 1,3-1,6 раза – в пруде-отстойнике по подвижным формам. В наземном грунте у с. Успенка их концентрация составляла от 8,8 ПДК в верхнем горизонте до 1,5 ПДК в нижнем, валовое содержание – от 2,2 ПДК в верхнем до 1,1 ПДК в среднем горизонтах почвы.

Что касается **хрома**, то превышение контроля по валовому содержанию было максимальным для донного грунта гидроотвала (в 12,3 раза), в пруде отстойнике – от 10,0 раза в приплотинном участке до 6,1 раза в центре пруда. Подвижные формы хрома имеют одинаковую концентрацию в гидроотвале и зонах разгрузки пруда-отстойника, (3,8-3,7-кратное превышение контроля), снижаясь в центре на треть. В наземных грунтах, кроме с. Успенка, содержание хрома было значительно ниже по подвижным формам и выше во всех пунктах по валовому содержанию, чем в донных отложениях. В хвостохранилище отмечено повышение концентрации хрома от верхнего к нижнему горизонту почвы.

Для **меди** превышение контроля по валовому содержанию было 6,0 - кратным в гидроотвале и 4,8-8,6-кратным в пруде-отстойнике с максимумом в приплотинном участке, для подвижных форм, соответственно, - 2,8 и 2,0-2,4 - кратным. В наземном грунте валовое содержание всегда превышало таковое в донных отложениях, концентрация подвижных форм была в 2,0-17,0 раз ниже.

**Состояние макрозообентоса.** В результате изучения донной макрофауны изучаемых водоемов выявлено 138 видов беспозвоночных из 5 типов, 9 классов, 22 отрядов, 43 семейств и 95 родов. В балке Суры обитает не менее 93 видов, из них в пруде-отстойнике – 66, в родниково-ручьевом комплексе балки – 38, в пруде у с. Успенка (летний аспект) – 49, хвостохранилище ЛГОКа – 5. Среди выявленных видов 10 видов приводится впервые для Центрального Черноземья: *Henlea nasuta*, *Tipula glaucocinerea*, *T. bosnica*, *Pericoma equizita*, *Cricotopus dizonias*, *Tanytarsus arduenensis*, *Krenopsectra acuta*, *Microsectra viridiscutellata*, *Arrenurus crassicaudatus*, *Spaziphora hydromyzina* (фауне этих водоемов будет посвящена отдельная статья).

Бентос пруда-отстойника имеет низкое фаунистическое сходство с фауной питающих его родников (24%), контрольного водоема (12%), абсолютно несходен с населением хвостохранилища и представлен 3 видами нематод, 8 видами олигохет, 3 видами брюхоногих легочных моллюсков, 1 видом остракод, 2 видами клещей и 49 видами насекомых, большинство из них – двукрылые (36 видов или 54,5%). Общая численность макрозообентоса составила 4376,7 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 8,70 г/м<sup>2</sup>, согласно чему пруд можно отнести к среднепродуктивным водоемам (87 кг/га) [14] со сверхвысокой численностью при обедненной таксономической структуре. Контрольный пруд отнесен к высокопродуктивным (318 кг/га) со средней численностью (2070 экз./м<sup>2</sup>) и богатой таксономической структурой. Бентос гидроотвала отличался низкой численностью (300 экз./м<sup>2</sup>) и минимальной биомассой (0,48 г/м<sup>2</sup> или 4,8 кг/га), отнесен к низкопродуктивным водоемам с бедной таксономической структурой. Значимыми группами бентоса пруда-отстойника являлись олигохеты и хирономиды, при этом наибольшего разнообразия достигали хирономиды (33 вида, или половина видов бентоса), наибольшего обилия – олигохеты (63,4% его численности и 54,7% биомассы), что не соответствует их естественному соотношению в балочных прудах региона, где основную роль в численности играют хирономиды, биомассе – моллюски и, очень редко – олигохеты [14, 15].

Таблица 2

**Концентрация тяжелых металлов (мг/кг) в донных отложениях водоемов в зоне влияния Лебединского ГОКа  
(июнь, 2006 г.)**

| Водоем                          |              | Кадмий<br>(Cd)        | Свинец<br>(Pb)       | Железо<br>(Fe)         | Никель<br>(Ni)       | Марганец<br>(Mn)     | Цинк<br>(Zn)          | Хром<br>(Cr)         | Медь<br>(Cu)        |
|---------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Гидроотвал хвостохранилища      |              | $\frac{2.37^a}{1.7}$  | $\frac{27.1}{23.6}$  | $\frac{727.5}{20.3}$   | $\frac{23.05}{12.9}$ | $\frac{63.55}{27.4}$ | $\frac{21.0}{36.65}$  | $\frac{23.9}{4.15}$  | $\frac{7.55}{1.7}$  |
| Участки пруда<br>в балке Суры   | Приплотинный | $\frac{1.605}{1.655}$ | $\frac{19.0}{24.2}$  | $\frac{4180}{19.95}$   | $\frac{31.6}{14.15}$ | $\frac{76.05}{45.3}$ | $\frac{38.2}{33.35}$  | $\frac{19.45}{4.15}$ | $\frac{10.7}{1.45}$ |
|                                 |              | $\frac{0.955}{1.36}$  | $\frac{14.05}{20.5}$ | $\frac{3217.5}{93.95}$ | $\frac{14.1}{11.8}$  | $\frac{79.5}{68,1}$  | $\frac{18.1}{37,05}$  | $\frac{11.95}{2,95}$ | $\frac{6.0}{1,2}$   |
|                                 | Вершинный    | $\frac{1.07}{1.575}$  | $\frac{14.1}{23.55}$ | $\frac{4625}{22.85}$   | $\frac{22.9}{13.95}$ | $\frac{96.6}{78,7}$  | $\frac{31.7}{30,2}$   | $\frac{14.55}{4,05}$ | $\frac{7.7}{1,3}$   |
| Пруд у с. Успенка<br>(контроль) | Литораль     | $\frac{0}{0.095}$     | $\frac{5.65}{2.3}$   | $\frac{350}{21.75}$    | $\frac{1.03}{1.05}$  | $\frac{6,4}{3,2}$    | $\frac{2,4}{18,75}$   | $\frac{1,95}{1,1}$   | $\frac{1,25}{0,6}$  |
| ПДК                             |              | $\frac{0.5}{-}$       | $\frac{32.0}{6.0}$   | -                      | $\frac{-}{4.0}$      | $\frac{1500}{700}$   | $\frac{55}{23}$       | $\frac{90}{6}$       | $\frac{33}{3}$      |
| ОДК (с учетом кларка)           |              | $\frac{2.0}{-}$       | $\frac{130}{-}$      | -                      | $\frac{80}{-}$       | $\frac{(140)^b}{-}$  | $\frac{220}{-}$       | -                    | 132 (50)            |
| Фоновое содержание (кларк)      |              | $\frac{0.24}{-}$      | $\frac{20}{-}$       | -                      | $\frac{45}{-}$       | -                    | $\frac{83 (68)^b}{-}$ | $\frac{83}{-}$       | $\frac{47 (25)}{-}$ |
| Класс опасности                 |              | 2                     | 1                    | -                      | 2                    | 3                    | 1                     | 2                    | 2                   |

Примечания к таблице 2: а) в числителе – валовая концентрация, в знаменателе – концентрация подвижных форм; б) в соответствии с зарубежным опытом; в) для черноземов (согласно СП 11-102-97 [13]).

В контрольном пруде у с. Успенка самыми разнообразными и обильными являлись моллюски, второстепенными группами – насекомые (в том числе клопы, жуки, ручейники, стрекозы, вислоккрылки и поденки) и ракообразные на фоне слабого развития олигохетно-хириноmidного комплекса. Бентос гидроотвала хвостохранилища представлен 4 видами длинноусых двукрылых, стагнобионтных либо стагнофильных пелофилов, по трофической специализации – хищные, всеядные, детрито- и фитодетритофаги. Единично среди нитчатки отмечена личинка водолюба р. *Berosus*. У уреза воды наблюдалось массовое роение имаго танитарзин, на поверхности разжиженного мела – скопления хищных короткоусых двукрылых – долихоподид (р. *Campsycnemus*) и мусцид. Преобладающими в сообществе являлись голарктические виды хириноmid – стагнобионт *Tanytus punctipennis*, лимнофил *Harnischia curtilamellata*. Танитарзины р. *Cladotanytarsus* и мокрецы р. *Dasychelea* отмечены единично. В связи с этим структурные показатели для водоема не рассчитывали.

Основными особенностями донной экосистемы пруда-отстойника, в сравнении с контрольным прудом у с. Успенка, являлись следующие. В таксономической структуре наблюдалось снижение видового разнообразия в среднем на 40% (сравнение по летним данным), разнообразия крупных и средних таксонов (отрядов, семейств) – вдвое. Отмечена элиминация типично прудовых форм – мшанок, двустворчатых и переднежаберных брюхоногих моллюсков, а также пиявок и высших ракообразных, в том числе обычного в контрольном пруде *Asellus aquaticus*, высокочувствительного к кадмию, среди видов ручьевого комплекса - отсутствие даже слабочувствительных к загрязнению тяжелыми металлами веснянок. Характерна крайняя бедность насекомых, чувствительных к загрязнению тяжелыми металлами – поденок, стрекоз, жесткокрылых, и даже относительно устойчивых к токсикации ручейников на фоне массового развития нечувствительных или устойчивых форм длинноусых двукрылых (хириноmid). Их толерантность обусловлена наличием устойчивых популяций, а также способностью личинок к активному избеганию загрязненных токсинами субстратов, что доказано для *Camptochironomus tentans* [16]. В нашем случае близкий вид *C. pallidivittatus* доминировал в профундали наимение загрязненного центрального участка. Массовое развитие устойчивых к марганцу и меди видов хириномин р. *Chironomus*, кроме того, обусловлено и отсутствием конкуренции со стороны более крупных чувствительных видов насекомых. Отсутствие танитарзин р. *Paratanytarsus* может свидетельствовать о существенном влиянии меди в донных сообществах, так как она подавляет рост личинок и способность к репродукции имаго у представителей рода [16]. Поденки и жесткокрылые отмечены лишь в относительно чистой вершинной зоне, у родника, причем первые представлены видом, устойчивым к кадмию, но чувствительным к меди, цинку, никелю и марганцу (*Cloeon dipterum*). Из клопов обнаружены всеядные кориксиды, преимущественно солеустойчивые – *Sigara lateralis*, *S. nigrolineata*, *Paracorixa concinna*, образующие скопления на грунте у выхода мелких донных лимнокренов в приплотинном участке пруда-отстойника и, реже – у вершинного родника.

В целом в экологическом составе фауны большое значение имеют эврибионтные (27,4% видов по сравнению с 16,7% в контроле), криофильные либо эвритермные (17,8% и 2,4%), родниково-ручьевые виды (11,3% и 2,4%), что является результатом температурной аномалии за счет поступления родниковых вод. Характерно также преобладание численности и биомассы видов, устойчивых к засолению – эвригалинных и галофильных (10,0% в отстойнике и 2,4% - в контроле), что, очевидно, обусловлено влиянием грунтовых вод, поступающих со стороны хвостохранилища и загрязнению донных грунтов. В самом пруде-отстойнике проявлялось снижение доли солеустойчивых видов в ряду биотопов: приплотинный ручей – приплотинный участок пруда – центр – вершинный участок – вершинный родник, что свидетельствует о более эффективной очистке грунтовых вод в результате обходной фильтрации. Отмечено высокое разнообразие эвриок-

сибионтных видов, несмотря на высокое содержание растворенного кислорода (9,7% видов), а также преобладание в пруде-отстойнике амфибионтных (63,6%) и гетеротопных видов (13,6%), способных покидать водоем при неблагоприятных условиях на одной из стадий онтогенеза, на фоне низкой роли гидробионтов (21,2%), при обратном соотношении этих групп в контрольном пруде.

В зоогеографическом аспекте в зообентосе пруда в балке Суры происходит редукция роли европейских видов при резком наращивании доли космополитов, субкосмополитов и голарктических видов за счет палеарктической группы, в контрольном пруде наблюдалась обратная тенденция; в ручье и роднике – усиление доли европейских и снижение доли видов с широчайшими ареалами за счет широко-палеарктических видов. Соотношение видов с широчайшими, широко-палеарктическими ареалами и узкоареальными видами представляет собой: в пруде-отстойнике – 40,7% - 23,8% - 16,7%, в пруде у с. Успенка – 11,5% - 42,8% - 45,3%.

Доминантный комплекс зообентоса пруда-отстойника носит эвригалинно-эврибионтный характер, сложен видами олигохет и хирономид преимущественно с широчайшими типами ареалов (*Potamothenis hammoniensis* (49,3%), *Procladius olivaceus* (12,7%), *Chironomus luridus* (11,4%)). Субдоминантами, в порядке убывания значимости, являлись *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Camptochironomus pallidivittatus*, *Paracladius conversus*, *Krenopsectra acuta*, *Cricotopus silvestris*. В родниково-ручьевых сообществах доминанты и субдоминанты представлены ручьевыми и эврибионтными либо солеустойчивыми видами: лимонидами *Dicranota dimaculata*, хирономидами *Pseudodiamesa* gr. *nivosa*, *Diamesa* sp., *Cricotopus dizonias*, *C. aff. vitripennis*, *C. silvestris* и *C. luridus*, а также олигохетами *P. hammoniensis*.

В пруде у с. Успенка комплекс доминантов имеет лимно-фитофильно-эврибионтный облик, сложен видами их 7 групп, преимущественно европейскими и среднеареальными палеарктическими: брюхоногие *Lymnaea ovata* (26,1%), раки *Asellus aquaticus* (13,0%), хирономиды *C. pallidivittatus* (10,1%). Субдоминанты - брюхоногие *Cincinna piscinalis*, двустворчатые *Amesoda scaldiana*, олигохеты *Stylaria lacustris*, поденки *Caenis robusta*, хирономиды *C. luridus*, пиявки *Erpobdella octoculata*.

В информационной структуре донных сообществ пруда-отстойника характерно стабильно низкое информационное и видовое разнообразие большинства олигохетно-хирономидных сообществ ( $H=1,2-2,0$  бит/экз.,  $\alpha=1,08-2,0$ ) при средней выровненности и концентрации доминирования на фоне низкой устойчивости ( $A=0,13-0,18$ ), недоиспользование информационного ресурса велико – 36,0-58,0% (табл.3). В контрольном водоеме наблюдались обратные тенденции:  $H>3,0$ , высокая выровненность при низкой концентрации доминирования биомассы, избыточность информационного ресурса сокращается до 0,13-0,20 %, устойчивость возрастает вдвое.

В трофической структуре сообществ пруда-отстойника число трофических уровней колебалось от 4 в литорали до 3 в профундали (по сравнению с 5-6 в контроле). Максимальной видовой насыщенностью гильдий отличались «мирные» полифаги, но основной поток энергии сообществ проходил через детритофагов гильдии глотателей (53,7-74,6% биомассы сообществ), около трети биомассы – через «мирных» полифагов, от 0,9 до 25,8% – через облигатных и факультативных хищников. В контроле значительный проток энергии проходит через всеядных соскребателей (38,5-51,1%), в меньшей мере – детритофагов собирателей и сестоно-фитодетритофагов фильтраторов+собирателей средних форм, доля хищников стабильно высока (21,7-23,0% биомассы), гильдия глотателей отсутствует. Сообществам бентоса пруда отстойника характерно низкое трофическое разнообразие ( $H_{тр}=1,06-1,66$ ), «измельчение» форм гильдии сестоно-фитодетритофагов фильтраторов+собирателей, что свойственно старым (болотным) экосистемам [17] либо энергетически дотационным (термофикация [18], эвтрофикация, илонакопление в отстойниках).

**Доминантная и информационная структура донных сообществ пруда-отстойника  
и впадающих в него родников в балке Суры (июнь, октябрь, 2006)**

| Водоемы        | Пруд-отстойник   |  |   |   |  |  | Родник, ручей   |  |   |
|----------------|--|--|---|---|--|--|---|--|---|
| Участки        | Приплотинный   |  | Центральный                                 |   |  | Вершинный  | Вершинный   | Приплотинный   |   |
| Показатели     | I  | II   | III   | IV  | VI   | VII  | VIII  | X  | XI  |
| Тип сообщества | Олигохетно-хирономидное  | Олигохетно-хирономидное  | Олигохетно-хирономидное                     | Олигохетно-хирономидное                             | Олигохетно-хирономидное  | Олигохетно-хирономидное                                  | Хирономидно-типулоидное   | Олигохетно-хирономидное  | Олигохетно-хирономидное                     |
| Вид сообщества | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>P.olivacea</i>                         | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>T.punctipennis</i>                 | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>C.luridus</i> | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>C.pallidivittatus</i> | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>C.luridus</i> +                      | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>C.luridus</i> +            | <i>C.dizonias</i> +<br><i>D.bimaculata</i>                        | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>Cricotopus aff. vitripennis</i> +<br><i>C.silvestris</i> | <i>P.hammoniensis</i> +<br><i>C.luridus</i> |
| Доминанты      | <i>P.hammoniensis</i><br><i>P.olivacea</i>                           | <i>P.hammoniensis</i><br><i>T.punctipennis</i>                   | <i>P.hammoniensis</i><br><i>C.luridus</i>   | <i>P.hammoniensis</i><br><i>C.pallidivittatus</i>   | <i>P.hammoniensis</i><br><i>C.luridus</i>                          | <i>P.hammoniensis</i><br><i>C.luridus</i>                | <i>C.dizonias</i><br><i>D.bimaculata</i><br><i>P.hammoniensis</i> | <i>P.hammoniensis</i>  | <i>P.hammoniensis</i>                       |
| Субдоминанты   | <i>L.hoffmeisteri</i><br><i>L.profundicola</i><br><i>P.conversus</i> | <i>C.luridus</i><br><i>C.pallidivittatus</i><br><i>T.tubifex</i> | <i>K.acuta</i><br><i>T.tubifex</i>          | <i>C.luridus</i><br><i>C.silvestris</i>             | <i>C.luridus</i><br><i>L.hoffmeisteri</i><br><i>T.punctipennis</i> | <i>C.luridus</i><br><i>K.acuta</i><br><i>P.conversus</i> | <i>Diamesa</i> sp.  |  |   |
| Число видов    | 21   | 18   | 18  | 8   | 17   | 14   | 8   | 18   | 14  |
| Число групп    | 3  | 2  | 3   | 2   | 6  | 3  | 3   | 3  | 4   |
| Численность    | 14390  | 2860   | 2620  | 1650  | 2140   | 2600   | 340   | 4990   | 1660  |
| Биомасса       | 26,43  | 6,80   | 6,7   | 2,575   | 3,916  | 5,755  | 0,71  | 6,675  | 2,041                                       |
| $H+m_H$        | 2,24+<br>0,01  | 2,66+<br>0,03  | 1,88+<br>0,04                               | 1,79+<br>0,04                                       | 2,0+<br>0,05   | 1,80+<br>0,04  | 2,22+<br>0,08   | 1,20+<br>0,03  | 1,34+<br>0,05                               |
| $H_{max}$      | 4,39   | 4,17   | 4,25  | 3,2   | 4,09   | 3,81   | 3,0   | 4,17   | 3,81  |
| $H_{min}$      | 0,02   | 0,08   | 0,09  | 0,06  | 0,09   | 0,06   | 0,20  | 0,05   | 0,10  |
| V              | 0,51   | 0,63   | 0,43  | 0,56  | 0,48   | 0,46   | 0,72  | 0,28   | 0,33  |
| $C_{\text{ч}}$ | 0,31   | 0,22   | 0,45  | 0,43  | 0,45   | 0,48   | 0,30  | 0,70   | 0,67  |
| $C_{\text{б}}$ | 0,29   | 0,26   | 0,53  | 0,41  | 0,34   | 0,39   | 0,34  | 0,53   | 0,48  |
| $\alpha$       | 2,09   | 2,14   | 2,29  | 1,08  | 2,09   | 1,65   | 1,20  | 2,0  | 1,75  |
| A              | 0,14   | 0,18   | 0,11  | 0,10  | 0,12   | 0,10   | 0,13  | 0,07   | 0,08  |
| F              | 0,49   | 0,36   | 0,56  | 0,44  | 0,51   | 0,53   | 0,26  | 0,71   | 0,65  |

Кроме того, закономерно отсутствие: крупных верховных и генерализующих хищников, являющихся конечным звеном накопления токсикантов в трофической структуре бентоса (клопов рр. *Pliocoris*, *Notonecta*, жуков плавунцов, чувствительных к загрязнению цинком и свинцом, стрекоз р. *Calopteryx*, вислокрылок р. *Sialis*, и др.); гильдий фильтрационного способа питания крупных и средних форм (двустворчатые, переднежаберные брюхоногие, мшанки), что связано с повышенной турбулентностью придонного слоя воды и холодноводностью стаций; жующих фитофагов, накапливающих токсиканты пропорционально их содержанию в кормовых растениях [16], на фоне массового развития макрофитов и водорослей (при наличии этих представителей и гильдий в контроле).

В аспекте сезонных изменений в приплотинном участке пруда-отстойника происходит полная либо частичная смена доминантных комплексов сообществ, по остальной акватории – снижение роли олигохет и криофильных видов хирономид (за счет вылета имаго). На фоне видового обеднения сообществ наблюдается снижение устойчивости, информационного и трофического разнообразия, возрастает концентрация доминирования и снижение уровня конкуренции за счет редукции хищного звена сообществ при возрастании роли сестоно-фитодетритофагов фильтраторов+ собирателей мелких форм (р. *Chironomus*).

При оценке качества воды различными методами получены противоречивые результаты, особенно для выделяющегося по количественным и качественным показателям приплотинного участка пруда-отстойника, что связано с насыщением его сообществ видами различной экологической валентности в связи с «краевым» эффектом на стыке двух разнотипных экосистем – ручьевой и прудовой. Однако по совокупности показателей воды в пруде-отстойнике оцениваются как грязные, по лидирующей группе (олигохетный индекс) – тяжело загрязненные в главном водоподающем источнике приплотинного участка (табл.4). В вершинной части качества воды улучшается, самой чистой являлась вода вершинного родника.

Таблица 4

**Оценка качества воды пруда-отстойника и впадающих в него водотоков по различным показателям по усредненным данным (июнь, октябрь 2006 г.)**

| Индекс  | Пруд- отстойник         |                       |                       |                       |                       |                       | Ручей, родник           |                  |                 |
|---------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|-----------------|
|         | Станции                 |                       |                       |                       |                       |                       |                         |                  |                 |
|         | I                       | II                    | III                   | IV                    | VI                    | VII                   | XIII                    | X                | XI              |
| WI      | 2                       | 2                     | 2                     | 2                     | 3                     | 6                     | 2                       | 2                | 3               |
|         | Грязн.                  | Грязн.                | Грязн.                | Грязн.                | Грязн.                | Загрязненная          | Грязн.                  | Грязн.           | Грязн.          |
| №<br>№с | 0,63                    | 0,45                  | 0,68                  | 0,65                  | 0,75                  | 0,71                  | 0,18                    | 0,88             | 0,89            |
|         | Сомнит.                 | Хорошее               | Сомнит.               | Сомнит.               | Сомнит.               | Сомнит.               | Хорошее                 | Тяжело загрязн.  | Тяжело загрязн. |
| K       | 0,37                    | 5,0                   | 4,4                   | 2,05                  | 4,46                  | 2,09                  | 0,136                   | 0,23             | 1,04            |
|         | Чистая                  | Умеренно загрязненная | Чистая                  | Чистая           | Чистая          |
| S       | 2,45                    | 2,94                  | 3,04                  | 2,99                  | 2,98                  | 3,16                  | 1,7                     | 1,93             | 2,85            |
|         | β-α                     | α                     | α                     | α                     | α                     | α                     | о-β                     | β                | α               |
|         | Умерен. загрязн.-грязн. | Грязн.                | Грязн.                | Грязн.                | Грязн.                | Грязн.                | Чистая-умерен. загрязн. | Умерен. загрязн. | Грязн.          |

Примечание к таблицам 3,4: №№ станций - как в разделе «Материал и методика».

По данным сапробиологического анализа, воды отстойника относятся к альфа-мезосапробному классу, т. е. грязным водам, в зоне разбавления – бета-альфа-мезосапробному, воды приплотинного ручья в медиали – умеренно-загрязненные, в рипали – грязные. Это подтверждается и альгологическими данными (массовое развитие трибонемы и сине-зеленых по всему пруду и в родниках). Резкое ухудшение качества воды со сменой класса вод на полисапробный либо граничащий с ним (очень грязные воды) в профундали и левобережной литорали центрального и вершинного участков наблюдалось в осенний период, после отмирания водных макрофитов, в результате чего усилился прямой транспорт загрязнений в донные отложения.

Контрольный водоем характеризуется как пограничная зона между умеренным загрязнением и грязными водами, что является фоновым состоянием для крупных пойменных озер и водохранилищ нашей зоны в условиях умеренного антропогенного прессы, однако несвойственно водоемам со слабым заилением, поэтому предполагается наличие существенного внешнего фактора воздействия (табл. 5).

Таблица 5

**Сравнительный анализ качества воды литорали пруда-отстойника, пруда у с. Успенка и гидроотвала хвостохранилища по летним данным 2006 г.**

|    | Пруд-отстойник |                   |                   |                   |                   | Пруд у с. Успенка          |                            | Гидроотвал |
|----|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|----------------------------|------------|
|    | I              | II                | III               | VI                | VII               | XII                        | XIII                       | XIV        |
| WI | 2              | 2                 | 2                 | 2                 | 5                 | 5                          | 5                          | 1          |
|    | Грязн.         | Грязн.            | Грязн.            | Грязн.            | Загрязн.          | Загрязн.                   | Загрязн.                   | Грязн.     |
| No | 0,41           | 0,58              | 0,69              | 0,77              | 0,71              | 0,09                       | 0,03                       | -          |
| Nc | Хорошее        | Хорошее-сомнит.   | Сомнит.           | Сомнит.           | Сомнит.           | Хорошее                    | Хорошее                    | -          |
| K  | 0,21           | 3,88              | 4,11              | 2,46              | 2,04              | 6,5                        | 6,71                       | 10,01      |
|    | Чистая         | Умеренно загрязн. – грязн. | Умеренно загрязн. – грязн. | Грязная    |
| S  | 2,05           | 3,0               | 3,15              | 2,78              | 2,98              | 2,46                       | 2,50                       | -          |
|    | $\beta$        | $\alpha$          | $\alpha$          | $\alpha$          | $\alpha$          | $\beta$ - $\alpha$         | $\beta$ - $\alpha$         | -          |

### Заключение

Основными причинами техногенной трансформации экосистемы пруда в балке Суры, по нашему мнению, являются 1).накопление высоких концентраций загрязнителей в донных осадках; 2).повышенная турбулентность придонных слоев воды благодаря интенсивной разгрузке грунтовых вод. 3) холодноводный режим водоема, обусловленный притоком родниковых вод.

Аккумуляция некоторых металлов в донных отложениях пруда-отстойника на порядок и более превышала таковую в наземных грунтах, что соответствует по кадмию (подвижные формы), и железу (валовое содержание) опасному санитарному состоянию грунта [19], по свинцу – переходному от относительно безопасного к опасному, никелю, меди и подвижным формам железа и цинка – относительно



безопасному. Превышение концентраций металлов по отношению к контрольному водоему составляло 4,8 – 30,7 раза по валовому содержанию и 1,6 - 24,6 раза по подвижным формам и приближалось к концентрации в донном грунте гидроотвала. Превышение норм (ПДК, кларк) отмечено для кадмия, свинца, цинка, никеля. Большинство металлов накапливались преимущественно в приплотинном участке пруда-отстойника, в меньшей степени – в вершинном, в зонах разгрузки вод. Минимальным загрязнением отличались донный грунт у с. Успенка, и наземный грунт участка «Ямская степь». Выявленный очаг накопления тяжелых металлов в донных отложениях пруда в балке Суры позволяет заключить о возникновении локальной грязной зоны в пределах охранной зоны заповедника «Белогорье».

Донные отложения и воды пруда-отстойника регулярно подвергаются антропогенной *токсификации*, на видовом уровне повлекшем видовые смены и изменения экологического и зоогеографического спектра видов макрозообентоса, снижение разнообразия и продуктивности, на ценотическом – смену доминантов, изменение трофической структуры («усечение» трофической пирамиды, усиление базисных уровней); *сапробизации* (доминирование олигохет и полисапробных видов хирономид) и *эвтрофикации* (массовое развитие макрофитов, нитчатых водорослей и сине-зеленых). Одновременно происходящие процессы энергетического дотирования и девальвации привели к усилению фотосинтетических процессов на фоне частичной структурной деградации экосистемы. Выявлено, что исторически молодая (10 лет) экосистема не соответствует сукцессионному статусу балочного пруда. Его сообщества совмещают в себе черты зрелых предклимактических стадий (доминирование олигохет, «измельчение» гильдии сестонофитодетритофагов фильтраторов+собирателей) и молодых пионерных серий (высокое разнообразие криофильных ортокладиин, превалирование мелких видов *r*-стратегов при высокой численности, отсутствие крупных хищников и фильтраторов и т. д.). Наличие своеобразного «буферного» фактора (низкие летние температуры воды) за счет разнообразия криофильных и эвритермных видов и замедления обменных, продукционных и развитийных процессов обуславливает замедление деградации ценотических структур в условиях сильной антропогенной нагрузки. По данным 2006 г., донная экосистема пруда в балке Суры представляет собой систему с трансформированной и частично деградированной структурой (токсобно-сапробно-эвтрофная по [20]) со стабильно низкой устойчивостью.

Исходя из выявленных тенденций в трансформации прудовой экосистемы, где ярко проявились основные закономерности откликов экосистем на повреждающие факторы, можно прогнозировать тенденции, которые со временем будут проявляться в той или иной мере: возрастание уязвимости всех участков рельефных понижений в связи с повышением уровня грунтовых вод, (связанных с работой ГОКа и на фоне многолетнего естественного пика многоводности) с возможностью замещения степных биотопов на гидроморфные или водные; при изменении естественного соотношения солей и их концентраций в грунтовых водах территории заповедного участка «Ямская степь» могут произойти видовые смены растений с изменением аутэкологического спектра видов в сторону эврибионтности, эвригалинности и галофильности.

### Список литературы

1. Рычин Ю.В. Флора гигрофитов. – М.: Советская наука, 1948. – 448 с.
2. Волынкин Ю.Л., Румянцев В.В., Анохин А.А. Основные компоненты биоценоза хвостохранилища Лебединского ГОКа // Материалы науч. конф. «Ихтиологические исследования на внутренних водоемах». – Саранск, 2007. – С. 24-25.
3. Арабина И.П., Савицкий Б.П., Рыдный С.А. Бентос мелиоративных каналов Полесья. – Минск: Ураджай, 1988. – 40 с.
4. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2001. – 147 с.
5. Селезнев Д.Г., Силина А.Е. Описание программы статистической обработки данных и расчетов биотических индексов для гидробиологических мониторинговых исследований // Тр. лаб. мониторинга водн. и наземн. экосист. Среднерусской лесостепи: сектор гидробиол. монит / Биоцентр ВГУ «Веневитиново». – Воронеж, 2002. – Т.1. Гидробиологические исследования водоемов Среднерусской лесостепи. – С. 229–235.
6. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных. – М: ИПЭЭ РАН, 1998. – 320 с.
7. Извекова Э.И. Питание и пищевые связи личинок массовых видов хирономид Учинского водохранилища. Автореф. дисс... канд. биол. наук. – М., 1975. – 20 с.
8. Извекова Э.И. Бентос Учинского водохранилища. – М., 1980. Гл. III. Экология массовых видов донных беспозвоночных. Питание. – С. 39-121.
9. Балущкина Е.В. Применение интегрального показателя для оценки качества вод по структурным характеристикам донных сообществ // Реакция озерных экосистем на изменение биотических и абиотических условий. – СПб: Научный мир, 1997. – С. 266–292.
10. Сладечек В., Розмайлова В. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. III. Индикаторы сапробности. – М.: Изд. отд. Упр. дел секр-та СЭВ, 1977. – 92 с.
11. Тодераш И.К. Функциональное значение хирономид в экосистемах водоемов Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 172 с.
12. Голубева Г.В. Индикационные значения отдельных форм хирономид // Экология гидробионтов водоемов Западного Урала: Межвуз. сб. науч. тр. – Пермь, 1988. – С. 43–49.
13. Свод правил. Инженерно-экологические изыскания. Приложение В (справочное). («СП 11-102-97»).
14. Щербакова З.П. Макрозообентос (донная фауна) водоемов Воронежской области как кормовая база хозяйственно-полезных рыб. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Воронеж, 1958. – 16 с.
15. Сент-Илер К.К. Опыт изучения развития фауны впервые заливаемых прудов в условиях Воронежской области // Тр. Воронеж. отд. ВНИИ прудового и рыбного хозяйства. – Т. 1. – Воронеж, 1935. – С. 3–29.
16. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы и энтомофауна // Агрехимия. - 1984. - №5 – С. 142-150.
17. Силина А.Е., Прокин А.А. Изменение трофической структуры донных сообществ в сукцессионном ряду водоемов Усманского бора // Матер. Междунар. конф. «Трофические связи в водных сообществах и экосистемах» – Борок, 2003. – С. 113–114.



18. Силина А.Е. К изучению макрозообентоса водоема-охладителя Нововоронежской АЭС // Сост. и проблемы экосистем Среднерусской лесостепи. – Воронеж, 2003. – С. 98–114. (Тр. биол. учеб.-науч. центра ВГУ «Веневитиново»; Вып. XVI).

19. Косинова И.И. Геоэкологические последствия открытой разработки месторождений КМА // Вестник Воронеж. ун-та. Сер. геологическая. – 1996. - №1. – С. 176-179.

20. Брагинский Л.П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса // Гидробиол. журн. - 1998. – Т. 34, №6. – С. 72-94.

## **THE INFLUENCE OF LEBEDYNSKY MINE-CONCENTRATE COMPLEX ON BOTTOM ZOOCENOSIS OF RESERVOIRS IN THE 10-KM ZONE**

**A. E. Silina<sup>1)</sup>, I. N. Kostylev<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Belgorod State University, 85 Pobeda Str., Belgorod, 308015  
allasilina@list.ru

<sup>2)</sup> Voronezh branch of an FSI «CLATI on CFD», Rabochy Pr., 101/b, Voronezh, 394049, Russia  
igor-nikolaevich@yandex.ru

In the paper results of researches of the dominant and trophic structures of bottom zoocenosis and heavy metals content of the bottom sediment and near the shore soil of reservoirs in the 10-km zone of Lebedynsky mine-concentrate complex in june-october 2006 year were presented. Exceeding of normal concentrations for Cd, Pb, Zn, Ni in the bottom sediment of the ravine-pond in protected zone of «Belogorye» reserve are revealed. The comparative analysis of zoogeografic and ecological composition of the bottom fauna and the quality of the water is conducted.

Key words: heavy metals, the macrozoobentos, dominant, the diversity, the trophic structure, the quality of the water.