

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-33-43  
УДК 639.2/3

## К ВОПРОСУ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДНОУГЛУБИТЕЛЬНЫХ РАБОТ МЕТОДОМ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ НА РАЗЛИЧНЫЕ СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НОВОТРОИЦКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

*О. С. Денисенко*

*Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований,  
Краснодар, Российская Федерация*

Неблагополучное экологическое состояние Новотроицкого водохранилища, расположенного в Ставропольском крае, связанное с его интенсивным заилением вследствие размыва берегов и русла р. Егорлык, с образованием обширных застойных зон и заболоченности отдельных участков и вторичным органическим загрязнением водоема, обусловило необходимость проведения комплекса мероприятий по гидромеханической очистке дна водохранилища от иловых наносов. Приведены результаты комплексных исследований возможного влияния дноуглубительных работ методом гидромеханизации с использованием свайно-якорного земснаряда «350-50л» на состояние водных биологических ресурсов Новотроицкого водохранилища. Приведены гидрологическая, гидробиологическая и ихтиологическая характеристики биоты Новотроицкого водохранилища, детально описаны применяемые при дноуглубительных работах технологические решения, рассмотрено влияние проводимых работ на состояние различных систематических групп гидробионтов водохранилища. В соответствии с действующими нормативными правовыми актами Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов проведен расчет вреда водным биологическим ресурсам. По результатам проведенных работ выявлены основные виды негативного воздействия и рассчитан общий размер вреда, наносимого водным биологическим ресурсам Новотроицкого водохранилища в натуральном выражении. С помощью сертифицированной компьютерной модели ИМРВ «Поток» 1.0 проведено имитационное математическое моделирование распространения и седиментации дополнительной мутности. Рассчитаны величины варибельности изменений концентраций взвеси в зависимости от расстояния, интегральные объемы шлейфов взвеси и площади переотложения зон мутности на дне Новотроицкого водохранилища в зависимости от месяца проведения работ и объема изымаемого грунта. Разработаны различные виды компенсационных мероприятий по восстановлению потерь водных биоресурсов.

**Ключевые слова:** Новотроицкое водохранилище, водные биоресурсы, дноуглубительные работы, расчистка, мутность, земснаряд, расчет вреда, компенсационные мероприятия.

**Для цитирования:** Денисенко О. С. К вопросу комплексной оценки воздействия дноуглубительных работ методом гидромеханизации на различные систематические группы водных биологических ресурсов Новотроицкого водохранилища Ставропольского края // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 33–43. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-33-43.

### **Введение**

Новотроицкое водохранилище введено в эксплуатацию в 1953 г. с целью подачи воды из р. Егорлык в ирригационный Право-Егорлыкский канал Кубань-Егорлыкской оросительно-обводнительной системы для орошения и обводнения засушливых районов Ставропольского края, Ростовской области и Калмыкии [1, 2].

Площадь зеркала Новотроицкого водохранилища при нормальном подпорном уровне (НПУ) составляет 1 800 га, полный объем – 132 млн м<sup>3</sup>, средняя глубина – 7,0 м, максимальная – 18,0 м. Проектом создания водохранилища предусматривалось полное его заиление через 35 лет эксплуатации [3].

Из естественных водотоков в Новотроицкое водохранилище, кроме р. Егорлык, впадают две малые степные реки – р. Русская, с истоками на Ставропольских высотах в окрестностях промзоны г. Ставрополя и г. Михайловска, и р. Балка Твердова, с истоком в поселке Равнинный. Сбрасывается вода из водохранилища в русло р. Егорлык и в Правоегорлыкский канал.

В настоящее время водохранилище в результате интенсивного хозяйственного использования имеет комплексное назначение: орошение земель сельскохозяйственного назначения на площади 109,6 тыс. га, питьевое водоснабжение семи муниципальных районов Ставропольского края, теплогидроэнергетические мощности – 2,4 МВт (Ставропольская ГРЭС, Новотроицкая ГРЭС), рекреация (24 сезонных базы отдыха), рыбохозяйственное использование (промышленное рыболовство, любительское и спортивное рыболовство, рыбоводство) [4–8]. Однако несмотря на столь высокую значимость Новотроицкого водохранилища его экологическое состояние неблагоприятно. В первую очередь это связано с интенсивным его заилинием вследствие размыва берегов и русла р. Егорлык на участке протяженностью 22 км от Буферного водохранилища Егорлыкской ГЭС-1 до Новотроицкого водохранилища. Интенсивность заиливания Новотроицкого водохранилища составляет 0,5–0,6 млн м<sup>3</sup>/год, что обусловлено пропуском по р. Егорлык повышенных расходов воды (80 м<sup>3</sup>/с) вместо естественного расхода 2–3 м<sup>3</sup>/с, волновыми размывами берегов, ливнесмывами, отсутствием зоны отстоя перед заполнением водохранилища [8].

До начала работ по расчистке Новотроицкого водохранилища от иловых отложений была полностью заиlena Егорлыкская ветвь водохранилища, образовались обширные застойные зоны, наблюдалась заболоченность отдельных участков.

Ставропольская ГРЭС, вызывая термофикацию вод водохранилища, является источником его физического загрязнения. Поступающая по отводящему каналу подогретая вода имеет температуру значительно выше, чем в водоеме: весной на 6–7, летом – на 4–5, осенью – на 3–4 °С. В водоеме наиболее прогретая зона находится в районе выхода канала, затем – мелководья и затонов. Менее подогретая вода – в районе ее поступления по Егорлыку. Глубоководная зона мало отличается по прогреваемости от поверхностных слоев, что связано не только с интенсивным перемешиванием, но и с поступлением подогретых вод, особенно вдоль берега со стороны ГРЭС.

В связи с повышением температуры в водохранилище произошло значительное увеличение массы нитчатых водорослей и планктона, свидетельствующее о вторичном органическом загрязнении водоема.

С увеличением температуры и образованием мелководий увеличилась мутность воды, снизилось содержание в воде растворенного кислорода, ухудшились и бактериологические показатели воды, что отрицательно влияет на качество питьевой воды.

Для экологического оздоровления Новотроицкого водохранилища был разработан комплекс мероприятий по гидромеханической очистке дна водохранилища от иловых наносов с использованием свайно-якорного земснаряда «350–50л».

*Целью настоящей работы* являлась комплексная оценка воздействия дноуглубительных работ методом гидромеханизации на состояние различных систематических групп водных биоресурсов Новотроицкого водохранилища, расчет вреда водным биоресурсам и среде их обитания, а также разработка различных видов компенсационных мероприятий по восстановлению потерь водных биоресурсов.

### **Материал и методы**

Методологической базой при расчете вреда водным биоресурсам Новотроицкого водохранилища являлась «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам», утвержденная Федеральным агентством по рыболовству приказом № 1166 от 25.11.2011 г. [9].

Математическое моделирование распространения и седиментации дополнительной мутности проведено с помощью имитационной математической модели (программы для ЭВМ) ИМРВ «Поток» 1.0 (сертификат соответствия РОСС RU.04ЖИГО.00081, свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017613750) [10].

Для сбора и обработки гидрологических и гидробиологических проб, а также определения таксономической принадлежности и биомассы организмов фитопланктона, зоопланктона и зообентоса были использованы стандартные методики и общепризнанные определители [11–13].

При расчетах величин вреда водным биоресурсам Новотроицкого водохранилища были использованы следующие сезонные показатели биомассы гидробионтов, а также коэффициенты, характеризующие биопродукционные процессы (Азово-Черноморский бассейн, водохранилища) [9]:

– зообентос: биомасса –  $0,67 \text{ г/м}^2$  (сезонная динамика выражена незначительно); годовой продукционно-биомассовый коэффициент ( $P/B$ ) – 6,0; кормовой коэффициент – 8,0; показатель использования кормовой базы рыбами – 50 %;

– зоопланктон: биомасса в весенний период –  $0,238 \text{ г/м}^3$ , в летний –  $0,217 \text{ г/м}^3$ , в осенний –  $0,019 \text{ г/м}^3$ ; годовой  $P/B$  коэффициент – 20,0; кормовой коэффициент – 15,0; показатель использования кормовой базы рыбами – 60 %;

– фитопланктон: биомасса в весенний период –  $0,46 \text{ г/м}^3$ , в летний –  $0,20 \text{ г/м}^3$ , в осенний –  $0,54 \text{ г/м}^3$ ; годовой  $P/B$  коэффициент – 200,0; кормовой коэффициент – 20,0; показатель использования кормовой базы рыбами – 50 %.

### Результаты и обсуждение

Район проведения работ находится в месте впадения в водохранилище р. Егорлык (рис. 1).

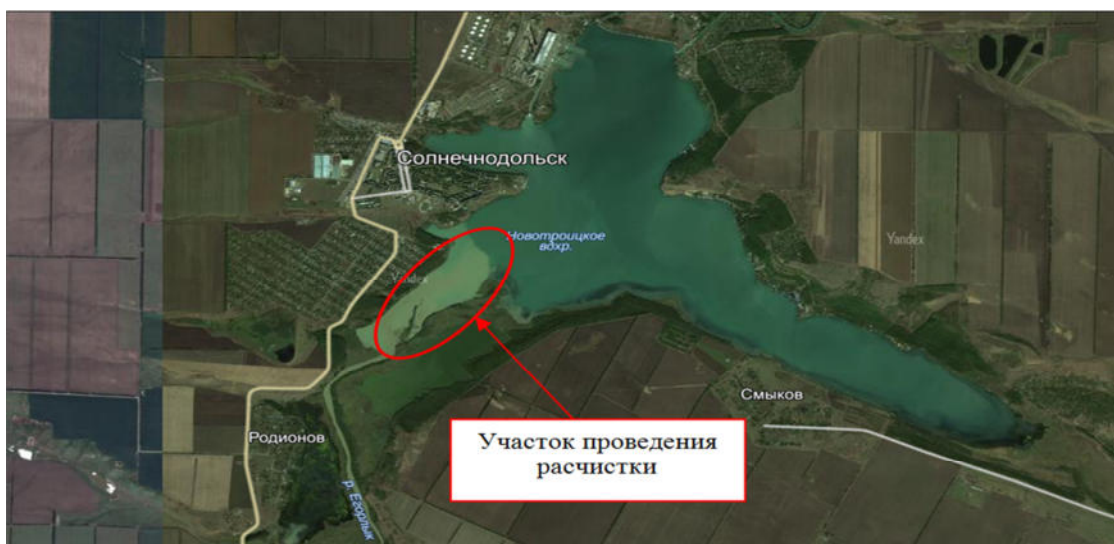


Рис. 1. Район проведения дноуглубительных работ в Новотроицком водохранилище

Он характеризуется малыми глубинами ввиду постоянного вноса рекой взвешенных частиц и переходным режимом экосистемы от лотической (речной) к лентической (озерной). В этой части водохранилища четко прослеживается наличие течения, обусловленного попаданием в него речных вод. Его средняя скорость составляет  $0,25 \text{ м/с}$ .

Уровеньный режим Новотроицкого водохранилища относительно стабильный. Перепад от минимума до максимума в течение года не превышает 3,0 м. От НПУ 153,0 м повышение уровня достигает менее 1 м, а падение – 2 м.

Донные отложения распределены следующим образом: нижняя и центральная части представлены илами, в бывшем русле р. Егорлык преобладает песок (часть которого заилена), в районе плотины – сброса в р. Егорлык – распространены глина с песком, а при выходе от ГРЭС с левой стороны отмечается наличие каменистой наброски.

Общая продолжительность работ – 7 месяцев (март, июнь–ноябрь). Общий объем извлекаемого грунта – 122,6 тыс.  $\text{м}^3$ . Учитывая, что средняя глубина разработки составляет 7,0 м, площади проведения работ составили по месяцам: в марте –  $2\,571 \text{ м}^2$ , в июне–сентябре – по  $2\,857 \text{ м}^2$ , в октябре –  $2\,086 \text{ м}^2$ , в ноябре –  $1\,429 \text{ м}^2$ .

Объемы и периоды проведения расчистки Новотроицкого водохранилища представлены в табл. 1.

График и объемы фактического производства работ по расчистке Новотроицкого водохранилища

| 1 квартал           |         |      | 2 квартал |     |      | 3 квартал |        |          | 4 квартал |        |         |
|---------------------|---------|------|-----------|-----|------|-----------|--------|----------|-----------|--------|---------|
| Январь              | Февраль | Март | Апрель    | Май | Июнь | Июль      | Август | Сентябрь | Октябрь   | Ноябрь | Декабрь |
| тыс. м <sup>3</sup> |         |      |           |     |      |           |        |          |           |        |         |
| 0,0                 | 0,0     | 18,0 | 0,0       | 0,0 | 20,0 | 20,0      | 20,0   | 20,0     | 14,6      | 10,0   | 0,0     |

Проведение дноуглубительных работ в Новотроицком водохранилище предусмотрено методом гидромеханизации с использованием одного свайно-якорного земснаряда «350–50л» со следующими техническими параметрами: производительность 350 м<sup>3</sup>/ч; глубина разработки 7 м; дальность транспортирования 2 000 м; диаметр напорного трубопровода 600 мм; диаметр фрезы (или ротора) 2 000 мм; диаметр всасывающего патрубка 500 мм; минимальная ширина разрабатываемого канала 35 м.

Землесосный снаряд представляет собой плавучую землеройно-транспортную машину, выполняющую в непрерывном технологическом режиме разработку грунта в подводном забое и его перемещение к месту разгрузки. Особенностью землесосного снаряда является то, что от самого забоя до места укладки грунт транспортируется в виде смеси его с водой – пульпы.

Работа земснаряда предусматривала разработку отстойника путем расчистки существующих наносов водохранилища в две очереди: 1-я очередь – на ширину 200 м, с использованием инвентарного плавучего пульпопровода; 2-я очередь – на полную ширину отстойника, с дополнительной установкой плавучего магистрального пульпопровода длиной 350 м.

Грунт расчистки укладывался в грунтоотвал балки Безымянная, необходимая емкость создана путем строительства ограждающей дамбы в устье балки и на южном склоне с отметкой 185,0 м по гребню. Транспортировка пульпы на грунтоотвал происходила по пульпопроводу, проложенному вдоль берега до грунтовала, часть пульпопровода находилась на воде – на понтонах. Намыв грунта происходил из выпусков магистрального пульпопровода. Отвод осветленной воды производился через шахтные колодцы и сбросные трубы.

Разработка грунта производилась папильонажным способом. При таком способе земснаряд, пройдя от одной кромки прорези до другой, снимает полосу грунта шириной 0,5–2,0 м по длине прорези и после этого подтягивается вперед по станному тросу. Затем снаряд движется поперек прорези в обратном направлении, и описанный процесс повторяется.

Рабочий ход осуществляют папильонажными лебедками поочередно вправо и влево. С помощью папильонажных лебедок земснаряд поворачивается вокруг одной сваи, заколотой в грунт, для выработки грунта на нужную глубину и ширину прорези. Затем закладывается другая свая, первая поднимается; так происходит перемещение земснаряда.

Как правило, возникновение дополнительной мутности при таком способе работ не происходит, однако выработка грунта приводит к формированию в водоеме неустойчивой вертикальной стенки, которая, обрушиваясь, создает зону повышенной мутности. Протяженность этой зоны зависит от ряда факторов, ведущими из которых являются производительность земснаряда, скорость течения и наличие мелких частиц в изымаемом грунте.

Для моделирования распространения поля мутности использованы данные о среднем гранулометрическом составе грунта, который будет подвергаться размыву (эффективный диаметр частиц грунта 50 % обеспеченности равен 0,075 мм) (рис. 2).

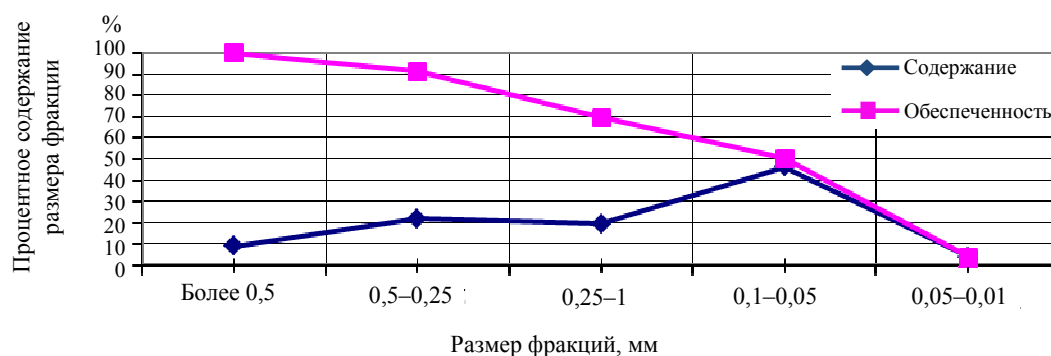


Рис. 2. Гранулометрическая кривая донных отложений Новотроицкого водохранилища на участке намечаемой хозяйственной деятельности

При расчете потерь водных биоресурсов вследствие дноуглубительных работ следует учитывать характер проводимых работ и особенности распространения шлейфов взвеси в рассматриваемой акватории с учетом наличия в водохранилище в зоне работ течения северо-восточного направления.

Схема распространения образующихся шлейфов мутности приведена на рис. 3.

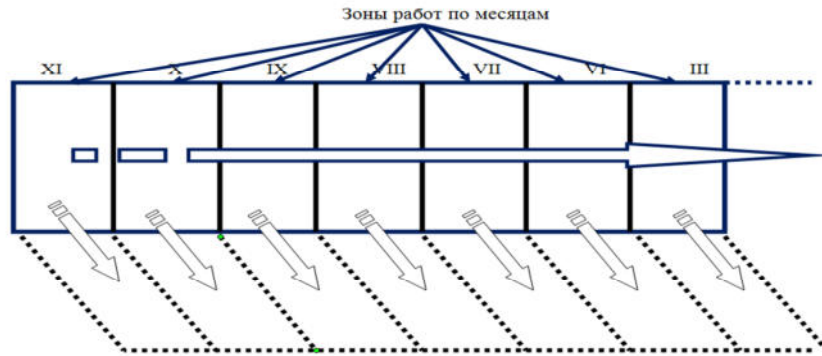


Рис. 3. Схема размещения участков дноуглубительных работ и распространения шлейфов взвеси

Они будут частично накладываться на участки дноуглубительных работ, проведенных в предыдущие месяцы, и на участки более раннего переотложения взвеси. В результате переотложение взвеси в каждый новый период работ будет происходить на зону с уже уничтоженным зообентосным сообществом.

Таким образом, в результате работы земснаряда будет формироваться шлейф повышенной мутности, основные расчетные параметры которого приведены на рис. 4, 5 и в табл. 2.

| ИМПВ "Поток" 1.0   |          | ИМПВ "Поток" 1.0   |          |
|--|----------|--|----------|
| <b>Расчет гидравлических параметров водотока</b>   |          | <b>Расчет гидравлических параметров водотока</b>   |          |
| Коэффициент Шези (С), м <sup>1/2</sup> /с  | 53,21    | Коэффициент Шези (С), м <sup>1/2</sup> /с  | 53,09    |
| Безразмерный параметр М (функция коэф. Шези)   | 43,24    | Безразмерный параметр М (функция коэф. Шези)   | 43,16    |
| Безразмерный коэффициент N   | 234,62   | Безразмерный коэффициент N   | 233,65   |
| Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d <sub>max</sub> ), мм                         | 0,050000 | Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d <sub>max</sub> ), мм                         | 0,050000 |
| Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (u <sub>max</sub> ), м/с                     | 0,063    | Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (u <sub>max</sub> ), м/с                     | 0,063    |
| Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (u <sub>c</sub> ), м/с           | 0,00300  | Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (u <sub>c</sub> ), м/с           | 0,00380  |
| Безразмерный параметр G  | 0,009    | Безразмерный параметр G  | 0,012    |
| Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E) | 0,0010   | Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E) | 0,0010   |
| Гидромеханический параметр (Г)   | 0,268    | Гидромеханический параметр (Г)   | 0,236    |
| Динамическая скорость (V*), м/с  | 0,019    | Динамическая скорость (V*), м/с  | 0,019    |
| <b>Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток</b>                       |          | <b>Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток</b>                       |          |
| Действующий фронт работ (Вд), м  | 2,00     | Действующий фронт работ (Вд), м  | 2,00     |
| Расход воды, м <sup>3</sup> /с:  |          | Расход воды, м <sup>3</sup> /с:  |          |
| - через фронт работ (Qд)   | 0,8400   | - через фронт работ (Qд)   | 0,8400   |
| - средний в створе работ (Qв)  | 147,190  | - средний в створе работ (Qв)  | 147,100  |
| Дополнительная мутность, г/л:  |          | Дополнительная мутность, г/л:  |          |
| - взмыва (Sвзм)  | 2,830    | - взмыва (Sвзм)  | 2,832    |
| - начальная (в створе работ) (Sн)  | 4,85     | - начальная (в створе работ) (Sн)  | 4,86     |
| Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (Sт), г/л                       | 0,760000 | Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (Sт), г/л                       | 0,670000 |
| Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.                                   | 185567,0 | Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.                                   | 206185,6 |

а

б

Рис. 4. Результаты моделирования распространения взвеси, формирующейся при работе земснаряда в Новотроицком водохранилище: а – март; б – июнь



| ИМРВ "Поток" 1.0   |           | ИМРВ "Поток" 1.0   |          |
|--|-----------|--|----------|
| <b>Расчет гидравлических параметров водотока</b>   |           |  |          |
| Коэффициент Шези (C), м <sup>1/2</sup> /с  | 53,09     | Коэффициент Шези (C), м <sup>1/2</sup> /с  | 53,09    |
| Безразмерный параметр М (функция коэф. Шези)   | 43,16     | Безразмерный параметр М (функция коэф. Шези)   | 43,16    |
| Безразмерный коэффициент N   | 233,65    | Безразмерный коэффициент N   | 233,65   |
| Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d <sub>max</sub> ), мм                         | 0,050000  | Максимальный диаметр частиц грунта, уносимых потоком (d <sub>max</sub> ), мм                         | 0,050000 |
| Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (i <sub>max</sub> ), м/с                     | 0,063     | Предельная гидравлическая крупность взвешиваемых частиц (i <sub>max</sub> ), м/с                     | 0,063    |
| Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (i <sub>ср</sub> ), м/с          | 0,00380   | Средняя гидравлическая крупность транспортируемых взвешенных частиц (i <sub>ср</sub> ), м/с          | 0,00380  |
| Безразмерный параметр B  | 0,012     | Безразмерный параметр B  | 0,012    |
| Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E) | 0,0010    | Коэффициент, зависящий от средней скорости водотока и гидравлической крупности взвешенных частиц (E) | 0,0010   |
| Гидромеханический параметр (Г)   | 0,237     | Гидромеханический параметр (Г)   | 0,269    |
| Динамическая скорость (V*), м/с  | 0,019     | Динамическая скорость (V*), м/с  | 0,019    |
| <b>Расчет стартовой мутности и продолжительности ее воздействия на водоток</b>                       |           |  |          |
| Действующий фронт работ (Вд), м  | 2,00      | Действующий фронт работ (Вд), м  | 2,00     |
| Расход воды, м <sup>3</sup> /с:  |           | Расход воды, м <sup>3</sup> /с:  |          |
| - через фронт работ (Qд)   | 0,8400    | - через фронт работ (Qд)   | 0,8400   |
| - средний в створе работ (Qв)  | 147,190   | - средний в створе работ (Qв)  | 147,190  |
| Дополнительная мутность, г/л:  |           | Дополнительная мутность, г/л:  |          |
| - взмыва (Sвзм)  | 2,830     | - взмыва (Sвзм)  | 2,830    |
| - начальная (в створе работ) (Sн)  | 4,85      | - начальная (в створе работ) (Sн)  | 4,85     |
| Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (S <sub>т</sub> ), г/л          | 0,670000  | Концентрация взвеси, соответствующая транспортной способности потока (S <sub>т</sub> ), г/л          | 0,670000 |
| Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.                                   | 150515,46 | Среднее время воздействия повышенной мутности на водоток (t), сек.                                   | 103092,8 |

6

2

Рис. 4 (окончание). Результаты моделирования распространения взвеси, формирующейся при работе земснаряда в Новотроицком водохранилище: 6 – октябрь; 2 – ноябрь

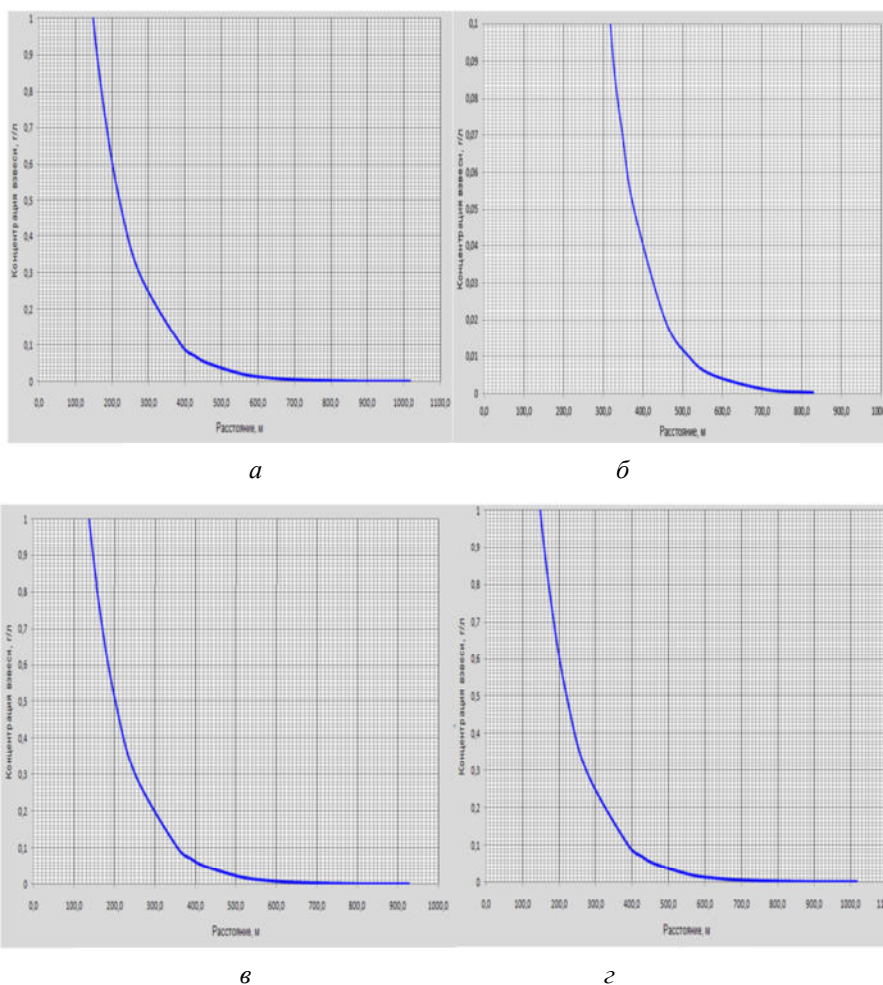


Рис. 5. Изменение концентрации взвеси в зависимости от расстояния при производстве работ способом гидромеханизации земснарядом «350–50л» на акватории Новотроицкого водохранилища: а – март; б – июнь; в – октябрь; г – ноябрь

**Рассчитанные объемы шлейфов взвеси и площади переотложения зон мутности  
на дне Новотроицкого водохранилища по месяцам**

| Месяц    | Объем шлейфов<br>с повышенной концентрацией взвеси, тыс. м <sup>3</sup> |             |              | Площадь переотложения<br>шлейфов взвеси, тыс. м <sup>2</sup> |         |
|----------|---|-------------|--------------|--|---------|
|          | более 100 мг/л  | 100–20 мг/л | 20–0,25 мг/л | более 10 мм  | 5–10 мм |
| Март     | 279 949   | 67 823      | 207 696      | 36 830   | 28 620  |
| Июнь     | 271 392   | 51 646      | 164 422      | 40 993   | 15 220  |
| Июль     | 271 392   | 51 646      | 164 422      | 40 993   | 15 220  |
| Август   | 271 392   | 51 646      | 164 422      | 40 993   | 15 220  |
| Сентябрь | 271 392   | 51 646      | 164 422      | 40 993   | 15 220  |
| Октябрь  | 238 215   | 59 858      | 187 234      | 28 982   | 26 147  |
| Ноябрь   | 210 353   | 67 694      | 207 388      | –  | 42 315  |

В связи с тем, что исходные сведения по объемам разрабатываемого грунта, используемым машинам и механизмам, а также гидрофизическим и гидрологическим условиям проведения работ в августе и сентябре аналогичны таковым в июне, результаты математического моделирования будут аналогичны приведенным на рис. 4, б, и 5, б, и в табл. 2.

В результате исследований установлено, что в ходе намечаемой хозяйственной деятельности, несмотря на предусмотренный комплекс технологических и природоохранных решений, наблюдается прямое (гибель рыб) и косвенное (гибель и снижение продуктивности кормовых организмов) негативное воздействие на водные биоресурсы Новотроицкого водохранилища.

Так как работы проводятся в течение нескольких месяцев в разные сезоны года (с перерывами между ними), при оценке величины и характера наносимого водным биоресурсам вреда необходимо учитывать особенности их сезонного развития. Дноуглубительные работы проводились в течение семи месяцев (весной (март), летом (июнь–август) и осенью (сентябрь–ноябрь)), отличающихся составом водных биоресурсов, которым может наноситься вред, и показателями их развития (численностью, биомассой). В данном случае особого рассмотрения заслуживает проблема выживаемости ранней молоди рыб Новотроицкого водохранилища как одного из компонентов его биоресурсов. В зону негативного воздействия работ может попадать ранняя молодь рыб – пелагические и донные личинки и мальки массой до 7 г. Более крупные особи способны активно покидать зону работ.

Нерест основной массы рыб в Новотроицком водохранилище происходит в апреле-мае. В марте (первый месяц проведения работ) ранняя молодь рыб, попадающая в зону работ, представлена только личинками щуки и речного окуня. В июне и июле под негативным воздействием дноуглубительных работ окажется молодь всех видов рыб, обитающих в водоеме. К августу мальки (сеголетки) достигнут размеров и стадии развития, позволяющих активно избегать зоны негативного воздействия. Следовательно, прямое негативное воздействие на водные биоресурсы водохранилища в ходе работ будет наблюдаться только в марте (личинки щуки и речного окуня) и июне-июле (все виды рыб). В остальные месяцы прямого воздействия наблюдаться не будет.

Косвенное воздействие на водные биоресурсы Новотроицкого водохранилища через гибель и снижение продуктивности кормовых организмов в ходе осуществления хозяйственной деятельности (дноуглубление) будет наблюдаться во все месяцы работ – марте, июне–ноябре.

Потери водных биоресурсов поверхностных водных объектов района хозяйственной деятельности (Новотроицкое водохранилище) в результате проведения дноуглубительных работ будут обусловлены следующими основными факторами:

- гибелью зообентосных организмов в зоне полного уничтожения донного биоценоза;
- гибелью и потерей продуктивности пелагических кормовых ресурсов (фитопланктон, зоопланктон) в зонах повышенной мутности;
- гибелью пелагических кормовых ресурсов (фитопланктон, зоопланктон) в извлекаемой водогрунтовой смеси;
- гибелью и потерей продуктивности донных кормовых организмов (зообентос) в зонах переосаждения шлейфов взвеси;
- утратой нагульных площадей рыб;
- гибелью ранней молоди рыб, перешедшей на экзогенное питание, в зонах повышенной мутности;

– гибелью ранней молоди рыб, перешедшей на экзогенное питание, в извлекаемой водо-грунтовой смеси.

Так как дноуглубительные работы проводятся на значительном (от 200 м) удалении от берегов, на глубинах свыше 2 м и вне периода массового нереста рыб (апрель–май), уничтожения русловых и пойменных нерестилищ рыб не произойдет.

Обобщенные данные о потерях водных биоресурсов Новотроицкого водохранилища и величине вреда, принимаемые для определения натуральных показателей компенсационных мероприятий, приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Потери водных биоресурсов Новотроицкого водохранилища от каждого вида негативного воздействия в зоне дноуглубительных работ**

| Характер негативного воздействия               | Потери в натуральном выражении, кг |                     | Величина вреда, принимаемая для определения натуральных показателей компенсационных мероприятий, кг |
|--|------------------------------------|---------------------|---|
|  | косвенные (кормовые организмы)     | прямые (ихтиофауна) |   |
| Образование зоны повышенной мутности           | 4 719,10                           | 497,39              | 4 719,10  |
| Уничтожение нагульных площадей в русловой зоне | 43,19                              | 87,30               | 87,30   |
| Уничтожение пелагического биоценоза            | 714,75                             | 41,62               | 714,75  |
| <i>Итого</i>                                   | –                                  | –                   | 5 521,15  |

Таким образом, общие потери водных биоресурсов Новотроицкого водохранилища от дноуглубительных работ, по результатам проведенных исследований и расчетов, составят в натуральном выражении 5 521,15 кг.

На основании проведенной оценки объемов негативного воздействия на водные биоресурсы Новотроицкого водохранилища в натуральном выражении как показателя снижения рыбопродуктивности водного объекта рыбохозяйственного значения, установленных коэффициентов промыслового возврата и средней массы производителей нами были определены направления и натуральные показатели компенсационных мероприятий в виде выпуска в водные объекты рыбохозяйственного значения рыбоводной продукции (молоди рыб) определенного видового состава и количества.

Принимая во внимание принцип преимущественного восстановления водных биоресурсов, которым причиняется вред (в данном случае – частичковые рыбы), с учетом возможности их воспроизводства в регионе, для компенсации вреда, наносимого водным биоресурсам Новотроицкого водохранилища, предлагается провести разовый выпуск в естественные водные объекты Ставропольского края молоди одного из четырех предлагаемых видов рыб: сеголеток белого толстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) средней навеской 25 г в количестве 49 077 экз.; сеголеток пестрого толстолобика (*Aristichthys nobilis*) средней навеской 25 г в количестве 40 154 экз.; сеголеток белого амура (*Ctenopharyngodon idella*) средней навеской 25 г в количестве 33 976 экз.; сеголеток сазана (*Cyprinus carpio*) средней навеской 10 г в количестве 123 720 экз.

Разработанные нами компенсационные мероприятия позволят не только обеспечить пополнение промыслового запаса водных биоресурсов в объеме прогнозируемого от дноуглубительных работ вреда, но и стабилизировать экологическую деградацию Новотроицкого водохранилища Ставропольского края за счет вселения рыб-биологических мелиораторов, потребляющих излишки высшей водной растительности и фитопланктона.

### Заключение

Интенсивное заиливание Новотроицкого водохранилища вследствие размыва берегов и русла р. Егорлык стало причиной его неблагоприятного экологического состояния, требующего проведения комплекса мероприятий по гидромеханической очистке дна водохранилища от иловых наносов. Проведены комплексная оценка воздействия дноуглубительных работ методом гидромеханизации на состояние различных систематических групп водных биоресурсов Новотроицкого водохранилища, расчет вреда водным биоресурсам и среде их обитания, а также разработка различных видов компенсационных мероприятий по восстановлению потерь водных биоресурсов. Установлено, что прямое негативное воздействие на водные биоресурсы водохранилища в ходе работ



будет наблюдаться только в марте (личинки щуки и речного окуня) и июне-июле (все виды рыб). В остальные месяцы прямого воздействия наблюдаться не будет. Косвенное воздействие на водные биоресурсы Новотроицкого водохранилища через гибель и снижение продуктивности кормовых организмов в ходе осуществления хозяйственной деятельности (дноуглубление) будет наблюдаться во все месяцы работ. Общие потери водных биоресурсов Новотроицкого водохранилища от дноуглубительных работ, по результатам проведенных исследований и расчетов, составят в натуральном выражении 5 521,15 кг. Определены направления и натуральные показатели компенсационных мероприятий в виде выпуска в водные объекты рыбохозяйственного значения рыбоводной продукции (молоди рыб) определенного видового состава и количества. Предлагаемые компенсационные мероприятия не только обеспечат пополнение промыслового запаса водных биоресурсов в объеме прогнозируемого от дноуглубительных работ вреда, но и стабилизируют экологическую деградацию Новотроицкого водохранилища за счет вселения рыб-биологических мелиораторов, потребляющих излишки высшей водной растительности и фитопланктона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковшов А. А., Дементьев М. С. Перспективы существования Новотроицкого водохранилища // Экология регионов: материалы V Междунар. заоч. науч.-практ. конф. (Владимир, 12 сентября 2014 г.). Владимир: Изд-во ВГУ им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2014. С. 10–13.
2. Ермолова К. Новотроицкое водохранилище, Ставропольская ГРЭС. Экологическая ситуация // Молодежь, наука, творчество – 2014: материалы 78-й Науч.-практ. конф. (Ставрополь, 08–10 апреля 2014 г.). Ставрополь: Параграф, 2014. С. 91–93.
3. Деревягин Е. В., Сухов Д. В., Кондюрина Т. А., Гутенев В. В. Хозяйственная деятельность и экологическое состояние Новотроицкого водохранилища // Проблемы региональной экологии. 2007. № 4. С. 98–100.
4. Авраменко Ю. С., Редькина Е. А. Туристские объекты Ставропольского края: Новотроицкое водохранилище // Культура и общество: история и современность: материалы III Всерос. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. (Ставрополь, 22 апреля 2014 г.). Ставрополь: Изд-во ООО «Ветеран», 2014. С. 299–301.
5. Карнаухов Г. И., Денисенко О. С. Перспективы развития сырьевой базы в пресноводных водоемах Юга России // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. (Керчь, 06 октября 2017 г.). Керчь: Изд-во ЮгНИРО, 2017. С. 66–69.
6. Карнаухов Г. И. Повышение рыбопродуктивности водоемов комплексного назначения Ставропольского края // Тр. АЗНИИРХ (Результаты рыбохозяйственных исследований в Азово-Черноморском бассейне: сб. науч. тр. по результатам исследований за 2014–2015 гг.). Ростов н/Д., 2017. С. 67–71.
7. Карнаухов Г. И., Скляр В. Я. Повышение эффективности использования водоемов Ставропольского края // Рыбоводство. 2012. № 3–4. С. 33.
8. Барабанова А. Г., Бугаёва А. В. Оценка состояния Новотроицкого водохранилища // Сохранение биологического разнообразия – основа устойчивого развития: материалы Всерос. заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Грозный, 19 мая 2016 г.). Грозный: Изд-во ЧГПУ, 2016. С. 106–111.
9. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам: приказ Федерального агентства по рыболовству от 25 ноября 2011 г. № 1166. URL: <https://rg.ru/2012/03/06/vred-bioresursy-site-dok.html> (дата обращения: 11.01.2019).
10. Денисенко О. С., Живчиков В. Г. ИМПВ «Поток» 1.0 – имитационная математическая модель для расчета распространения и седиментации технологических наносов в водотоках при определении вреда водным биологическим ресурсам // Политемат. сетевой электрон. научн. журн. Куб. гос. аграр. ун-та (Науч. журн. КубГАУ). 2017. № 129 (05). URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/05/pdf/46.pdf> (дата обращения: 11.01.2019).
11. Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов и среды их обитания в Азово-Кубанском рыбохозяйственном районе // Материалы Учеб.-метод. конф. для ФГБУ «Азчеррыбвод». Ростов н/Д.: Изд-во АЗНИИРХ, 2015. 48 с.
12. Кутикова Л. А., Старобогатов Я. И. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: планктон и бентос. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 511 с.
13. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Т. 1. 360 с.

Статья поступила в редакцию 14.01.2019

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

**Денисенко Олег Сергеевич** – Россия, 350044, Краснодар; ООО «Азово-Черноморский научный центр рыбохозяйственных исследований»; канд. биол. наук; вице-президент; rosfishcenter@mail.ru.



TO THE PROBLEM OF TOTAL EVALUATING OF DREDGING IMPACT  
ON VARIOUS SYSTEMATIC GROUPS OF AQUATIC  
BIOLOGICAL RESOURCES  
OF THE NOVOTROITSK RESERVOIR IN THE STAVROPOL REGION

*O. S. Denisenko*

*Azov-Black Sea Scientific Center for Fisheries Research,  
Krasnodar, Russian Federation*

**Abstract.** The article highlights the poor ecological conditions of the Novotroitsk reservoir in the Stavropol Territory due to its intensive siltation because of the erosion of the banks and riverbed of the Egolik river, forming extensive stagnant zones and waterlogging of individual sections and secondary organic pollution of the reservoir, which necessitated a set of measures for hydromechanical cleaning of the reservoir bottom from silt sediments. There have been given the results of comprehensive studies of the possible impact of dredging by hydro-mechanization using pile-anchor dredger “350-50L” on the aquatic biological resources of the Novotroitsk reservoir. The hydrological, hydrobiological and ichthyological characteristics of the biota of the Novotroitsk reservoir are given, the technological solutions used in the course of dredging are fully described, the influence of the dredging on various systematic groups of hydrobionts of the reservoir is considered. According to the current regulatory legal acts of the Russian Federation in the fisheries and saving aquatic biological resources, there has been carried out calculation of harm caused to the aquatic biological resources. In view of the research results, the main features of the negative impact have been identified and the total amount of harm caused to the aquatic biological resources of the Novotroitsk has been calculated reservoir in natural terms. Using a certified computer model of IMRV “Potok” 1.0 there has been conducted simulation mathematical modeling of propagation and sedimentation of additional turbidity. The values of change variability of the suspended solids concentrations depending on the distance, the integral volumes of suspension tails and redeposition areas of turbidity zones on the bottom of the Novotroitsk reservoir relative to the month of conducting the work and to the seizures of the extracted soil have been calculated. Various compensatory measures for restoration of water bioresource losses have been developed.

**Key words:** the Novotroitsk reservoir, aquatic bioresources, dredging, cleaning, turbidity, dredger, calculation of harm, compensatory measures.

**For citation:** Denisenko O. S. To the problem of total evaluating of dredging impact on various systematic groups of aquatic biological resources of the Novotroitsk reservoir in the Stavropol region. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry.* 2019;2:33-43. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-33-43.

## REFERENCES

1. Kovshov A. A., Dement'ev M. S. Perspektivy sushchestvovaniia Novotroitskogo vodokhranilishcha [Prospects for the existence of the Novotroitsk reservoir]. *Ekologiya regionov: materialy V Mezhdunarodnoi zaochnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Vladimir, 12 sentiabria 2014 g.)*. Vladimir, Izd-vo VGU im. A. G. i N. G. Stoletovyx, 2014. Pp. 10-13.
2. Ermolova K. Novotroitskoe vodokhranilishche, Stavropol'skaia GRES. Ekologicheskaiia situatsiia [Novotroitsk reservoir, Stavropol GRES. Ecological situation]. *Molodezh', nauka, tvorchestvo – 2014: materialy 78-i Nauchno-prakticheskoi konferentsii (Stavropol', 08–10 apreliia 2014 g.)*. Stavropol', Paragraf Publ., 2014. Pp. 91-93.
3. Dereviagin E. V., Sukhov D. V., Kondiurina T. A., Gutenev V. V. Khoziaistvennaia deiatel'nost' i ekologicheskoe sostoianie Novotroitskogo vodokhranilishcha [Economic activity and ecological state of the Novotroitsk reservoir]. *Problemy regional'noi ekologii*, 2007, no. 4, pp. 98-100.

4. Avramenko Iu. S., Red'kina E. A. Turistskie ob'ekty Stavropol'skogo kraia: Novotroitskoe vodokhranilishche [Tourist facilities of the Stavropol Territory: the Novotroitsk reservoir]. *Kul'tura i obshchestvo: istoriia i sovremennost': materialy III Vserossiiskoi (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-prakticheskoi konferentsii (Stavropol', 22 aprelia 2014 g.)*. Stavropol', Izd-vo OOO «Veteran», 2014. Pp. 299-301.
5. Karnaukhov G. I., Denisenko O. S. Perspektivy razvitiia syr'evoi bazy v presnovodnykh vodoemakh Iuga Rossii [Future development of raw materials in freshwater reservoirs in the South of Russia]. *Sovremennye rybokhoziaistvennye i ekologicheskie problemy Azovo-Chernomorskogo regiona: materialy IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Kerch', 06 oktiabria 2017 g.)*. Kerch', Izd-vo IugNIRO, 2017. Pp. 66-69.
6. Karnaukhov G. I. Povyshenie ryboproduktivnosti vodoemov kompleksnogo naznacheniiia Stavropol'skogo kraia [Increasing fish productivity of reservoirs of complex purpose of the Stavropol Territory]. *Trudy AzNIIRKh (Rezultaty rybokhoziaistvennykh issledovaniy v Azovo-Chernomorskom basseine: sbornik nauchnykh trudov po rezul'tatam issledovaniy za 2014–2015 gg.)*. Rostov-na-Donu, 2017. Pp. 67-71.
7. Karnaukhov G. I., Skliarov V. Ia. Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniia vodoemov Stavropol'skogo kraia [Improving the efficiency of using water bodies in the Stavropol Territory]. *Rybovodstvo*, 2012, no. 3-4, p. 33.
8. Barabanova A. G., Bugaeva A. V. Otsenka sostoianiia Novotroitskogo vodokhranilishcha [Assessment of the state of the Novotroitsk reservoir]. *Sokhranenie biologicheskogo raznoobraziia – osnova ustoichivogo razvitiia: materialy Vserossiiskoi zaachnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Groznyi, 19 maia 2016 g.)*. Groznyi, Izd-vo ChGPU, 2016. Pp. 106-111.
9. *Ob utverzhenii Metodiki ischisleniia razmera vreda, prichinennogo vodnym biologicheskim resursam. Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 25 noiabria 2011 g. № 1166* [On approval of the Method for calculating the amount of damage caused to aquatic biological resources: Order of the Federal Agency for Fisheries No. 1166 dated November 25, 2011]. Available at: <https://rg.ru/2012/03/06/vred-bioresursy-site-dok.html> (accessed: 11.01.2019).
10. Denisenko O. S., Zhivchikov V. G. IMRV «Potok» 1.0 – imitatsionnaia matematicheskaia model' dlia rascheta rasprostraneniia i sedimentatsii tekhnologicheskikh nanosov v vodotokakh pri opredelenii vreda vodnym biologicheskim resursam [SMDS “Potok” 1.0 as a simulation mathematical model for calculating distribution and sedimentation of technological alluviums in watercourses for determination of harm to water biological resources]. *Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyi zhurnal KubGAU)*, 2017, no. 129 (05). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2017/05/pdf/46.pdf> (accessed: 11.01.2019).
11. Osushchestvlenie gosudarstvennogo monitoringa vodnykh biologicheskikh resursov i sredi ikh obitaniia v Azovo-Kubanskom rybokhoziaistvennom raione [Implementation of state monitoring of aquatic biological resources and their habitat in the Azov-Kuban fishery area]. *Materialy Uchebno-metodicheskoi konferentsii dlia FGBU «Azcherrybvod»*. Rostov-na-Donu, Izd-vo AzNIIRKh, 2015. 48 p.
12. Kutikova L. A., Starobogatov Ia. I. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeiskoi chasti SSSR: plankton i bentos* [Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR: plankton and benthos]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1977. 511 p.
13. Gollerbakh M. M., Kosinskaia E. K., Polianskii V. I. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR* [Determinant of freshwater algae of the USSR]. Moscow, Leningrad, Izd-vo AN SSSR, 1951. Vol. 1. 360 p.

The article submitted to the editors 14.01.2019

### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Denisenko Oleg Sergeevich** – Russia, 350044, Krasnodar; “Azov-Black Sea Scientific Center for Fisheries Research”, LLC; Candidate of Biology; Vice President; [rosfishcenter@mail.ru](mailto:rosfishcenter@mail.ru).

