

О ВОЗДЕЙСТВИИ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ГИДРОФАУНУ

© 2015 Е.А. Зиновьев, А.Б. Китаев

Пермский государственный национальный исследовательский университет

Поступила в редакцию 25.05.2015

Показано влияние взвешенных частиц на физические, химические свойства вод, их термiku, на биологические процессы в экосистемах (фитопланктон, зоопланктон, ихтиофауна, разные фазы жизненного цикла рыб).

Ключевые слова: *взвешенные вещества, планктон, бентос, рыба*

Общеизвестно, что взвешенные частицы образуются как естественным путем – в весенний период и при дождевых паводках, так и от разнообразных антропогенных факторов – при строительстве мостов, прокладке нефте- и газопроводов, забивке свай, устройстве дамб, разработке горных россыпных месторождений (золото, платина, алмазы), добыча НСМ и прочих работах на водных объектах. Во всех случаях образуются зоны повышенной мутности как кратковременные, так и длиннопериодич-ные, иногда постоянные. При этом взвеси различаются по концентрации, структуре взвешенных частиц, длительности осаждения и степени негативного влияния на живые организмы, хотя общий характер их воздействий однотипен и может быть представлен в следующем виде:

- 1) взвешенные вещества выше ПДК (для рыбохозяйственных водоемов более 25 мг/л) уменьшают прозрачность воды, интенсивность фотосинтеза, объем первичной продукции (фитопланктона);
- 2) взмученные воды быстрее прогреваются, что отрицательно сказывается на ценных лососевидных рыбах, вызывает их замену более устойчивыми карпообразными, приводит к замене оксифильных гидробионтов (из рыб и беспозвоночных) на малоценные, но более термолабильные и токсикорезистентные;
- 3) происходит изменение химизма вод, т.к. на взвешенных частицах адсорбируются органические и неорганические вещества, тяжелые металлы, обеспечивая их разнос на большие расстояния (в зависимости от скорости воды и веса частиц); это способствует переводу многих загрязняющих ингредиентов из пассивного состояния в активное; нередко на частицы оседают организмы и бактерии;

4) все указанные процессы приводят к эвтрофикации водоемов, обостряя проблему чистой воды, и крайне негативно отражается на холодолюбивых видах беспозвоночных и рыб в экосистемах [8 и др.];

5) взвеси не только затрудняют фотосинтез, уменьшая поступление кислорода в воду, но могут и сами поглощать его из воды, что в свою очередь вызывает угнетение дыхательного аппарата водных организмов [25];

6) взвешенные вещества помимо захвата молекул O_2 , адсорбции углеводов, нефтепродуктов, солей тяжелых металлов и др. могут «поглощать» различные пищевые частицы, что способно изменять химико-биологические показатели водоема и кормовой базы;

7) устойчивые повышенные концентрации взвесей нередко сопровождаются ростом содержания в воде соединений азота, фосфора, железа, многих биогенных микроэлементов, легко окисляемых органических веществ;

8) в зависимости от степени загрязнения и его длительности могут происходить выпадения ряда звеньев в цепях питания и взаимодействия биосистем или общая деградация экосистем;

9) взвешенные вещества оказывают негативное влияние на физиолого-биохимические параметры рыб, иммунную систему [13, 14], и, вполне вероятно, на генотипы рыб;

10) многократно показано отрицательное воздействие взвешенных частиц в высоких концентрациях на состав фауны рыб (замена ценозов), структуру популяций, численность, жаберный аппарат рыб [5, 12, 33], икру, личинок, мальков рыб, морфологические характеристики [13, 33], рост, упитанность, жиронакопление, размножение (в частности на сроки, успешность нереста, темпы созревания половых признаков, плодовитость и др.), поведение, паразитофауну и другие важные показатели рыб, причем количественные данные в литературе весьма противоречивы;

11) взвешенные вещества засоряют, заиляют нерестилища рыб, ухудшая их качества, приводят наряду с повышением смертности икры и личинок

Зиновьев Евгений Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии позвоночных и экологии. E-mail: zoovert@psu.ru

Китаев Александр Борисович, кандидат гидрологических наук, доцент кафедры гидрологии и охраны водных ресурсов. E-mail: hydrology@psu.ru

к снижению потенциала воспроизводства, урожайности молоди генераций, нередко стимулируют элементы формообразовательных процессов через тугорослость, карликовость, ускорение созревания;

12) иногда могут приводить к летальному исходу в зависимости от видовой толерантности рыб к данному виду загрязнений.

Естественно, что взвешенные вещества оказывают как прямое негативное воздействие, так и косвенное. При этом они меняют физико-химические свойства воды не столько сами по себе, сколько как адсорбенты, оказывающие мощное влияние на живые организмы. В качестве оседающих на частицах песка, глины могут быть многие молекулы в том числе высокотоксичных соединений, используемых в сельском хозяйстве (пестициды, гербициды, удобрения), или содержащихся в отходах промышленности (шлаки, смолы, тяжелые металлы и др.). кроме того ими оказываются возвращаемые в круговорот элементы осадочных пород, иловых отложений при работе землечерпательной техники при добыче НСМ, дноуглублении, прокладке трасс-траншей, трубопроводов. Перенос водным потоком таких ядовитых соединений может представлять значительную опасность не только для гидробионтов, но и для человека через водопотребление или использование отравленной рыбы. К примеру, в оз. Верхнее (Канада) каждый килограмм глинистых взвесей содержит до 175 мг сорбированной меди, 11 мг марганца, при среднем содержании этих металлов в виде раствора в воде около 10 мкг/л, то есть в тысячи раз больше. В районе Першино, ниже Пермско-Закамско-Краснокамского промузла в 1999 г. была обнаружена в донных отложениях чуть не вся таблица Менделеева: медь – 1,5 мг/кг сухого грунта, хром – 0,3, цинк – 1, 6, свинец – 7,0, кадмий – 0,12, ртуть – 0,009, магний – 50,2, железо – 31,1 мг/кг и т.п. Естественно, что в других точках водохранилища и притоках нет такого изобилия тяжелых металлов в столь высоких концентрациях. Любая переработка грунтов (особенно при добыче НСМ) может обусловить вторичное загрязнение вод вплоть до серьезных негативных явлений.

Собственно взвешенные вещества уменьшают фотосинтезирующую активность фитопланктона, его биомассу (изменяя и состав) [6, 26] и еще более отрицательно воздействуют на зоопланктон, вызывая «засорение» фильтрующего аппарата и пищеварительной системы. Типы воздействия взвесей (и сточных вод) описаны Л.А. Лесниковым. Характер преобразования планктонных сообществ при дноуглубительных работах в Камском регионе изучены достаточно полно [11, 17, 18, 23].

Считается общепризнанным, что постоянная повышенная мутность вод приводит к изменению структуры зоопланктона – вместо мирных фильтраторов доминантами становятся хищные виды,

общая биомасса планктона резко снижается в зависимости от концентрации и состава взвешенных частиц [21]. Уже при достижении мутности в 60 мг/л происходит уменьшение численности и преобразование вертикального распределения зоопланктона [24]. Региональные исследования гидробионтов ЕНИ и Перм. отд. ГосНИОРХ в основном подтвердили указанные закономерности. Вместе с тем проявились и некоторые противоречия – в одних водоемах отмечены негативные изменения, в других – нет. Выявленная сила воздействия зависит не столько от концентрации, сколько от структуры взвесей – в мелкодисперсных фракциях отрицательные эффекты возрастают. Также при горных разработках дражным способом степень воздействия взвесей значительно выше, чем при добыче НСМ. В последнем случае иногда происходит даже увеличение биомассы зоопланктона, что, скорее всего, объясняется обогащением вод биогенами. При этом гибель планктона наблюдается лишь непосредственно в зоне переработки грунтов. После завершения работ по добыче НСМ скорость восстановления планктона и установление нормальной прозрачности воды не превышает 3 лет. Кроме указанных эффектов, наблюдается всасывание зоопланктона в водозаборные устройства, однако прямых исследований этого процесса не было.

Негативное воздействие взвешенных веществ на донные сообщества беспозвоночных животных известно давно и число публикаций растет как по рекам, озерам, водохранилищам, так и по морским акваториям в связи с ростом разработки месторождений полезных ископаемых в шельфовых зонах. При этом привлекает внимание однотипный характер воздействий в разных местах планеты. Так в р. Скотт (Сев. Америка) на заиленных участках дна от осаждения взвесей обнаружено до 300 организмов на м², тогда как в чистой воде – 2000/м². То же отмечено в р. Вааль (Юж. Африка). Обычно происходит как количественное, так и качественное уменьшение бентонтов и деградация водных биоценозов от воздействия взвесей.

В подавляющем большинстве случаев взвеси изолируют богатые пищей слои дна, засыпают обитающих на поверхности грунта животных и растения, засоряют и повреждают фильтрационные, дыхательные и ловчие аппараты беспозвоночных бентоса. Поиск пищи и процессы дыхания в таких условиях затрудняются, в водоемах развиваются илолюбивые или хищные, евритопные компоненты фауны [3, 8, 16], тогда как виды-фильтраторы и глотальщики перестают доминировать в структуре ценозов и биомассе. В р. Ляля (бас. Р. Тавды, Зап. Сибирь) при повышении мутности до 600 мг/л биомасса и численность донных беспозвоночных уменьшается почти в 10 раз на фоне обеднения видового состава [16]. При этом отрицательное воздействие взвесей проявляется

на значительных расстояниях вниз по реке от источника взмучивания (до 100 км и более), причем их полное оседание в текучих водах практически не происходит.

Согласно материалам Ю.Ф. Мануйлова при дноуглубительных работах наблюдается полная потеря кормовой базы рыб на участках работ на несколько лет. Вместе с тем по некоторым данным при дражных работах рыба и беспозвоночные не погибают, число видов до и после отработки полигона примерно одинаково, а ихтиофауна заселяет прокопанные карьеры почти мгновенно. Судя по данным местных гидробиологов при работе земснарядов на реках Мулянка, Сылва, Ольховка (прит. Чусовой) в пределах непосредственной выемки грунта наблюдалось временное угнетение зоопланктона [18], перестройка структуры бентоса – замещение речных комплексов лимнофильным. При этом в Мулянке изменения были более глубокими, чем в двух других реках.

Обычно видовое разнообразие бентоса вследствие переработки грунтов снижается существенно (иногда более чем на 50% от исходного состояния). Значительную роль в сохранении видов играют растительные сообщества. К примеру, выборка грунта в р. Чусовой (цепь из 8 месторождений приводит к снижению продуктивности бентоса, но особенно значительна на 100-метровом отрезке реки вниз по течению). Зоной полного восстановления условно принят район, удаленный от земснаряда на 500-900 м. В условиях Воткинского водохранилища (руслые глубокие участки) гибель донной фауны происходит только в зоне работы земснаряда, заселение отработанных карьеров происходит за 1-2 недели, хотя биомасса и численность бентонтов еще 2-3 года остается ниже исходной. В зоне выклинивания Камского водохранилища (г. Березники) определено, что потери зообентоса при продукции 6-8 г/м² составляют до 70 кг/га в год, но только на акватории отработываемого карьера. Вполне возможно, что изменения биомассы бентоса зависят от характера грунта, гидрологических параметров водоема, типа земснаряда и количества его остановок по разным причинам.

Следует сказать, что степень воздействия взвешенных частиц на водные экосистемы зависит от множества причин: характера, структуры перерабатываемых грунтов, объема их выемки в единицу времени, продолжительности работ, сезонной приуроченности отработки, скорости течения, химизма, температуры и прозрачности вод, глубины водоема, мощности иловых отложений, морфологии русла, каскадности отработок или количества (диаметра) труб путепроводов, исходного биологического фона (микроорганизмы воды, грунта, фито- и зоопланктон, бентос, состав ихтиофауны с учетом динамических процессов всех организмов, наличие макрофитов и др.). Известно,

что моллюски и особенно дрейсена может поглощать взвеси, превращая их в подходящий корм для хирономид и других беспозвоночных [4, 15]. Если дрейсена обитает на 40% площади Учинского водохранилища при средней биомассе 500 г/м² (до 100 экз./м²), несколько меньше величины, характерной для камских водохранилищ. Дрейсена фильтрует воду при 20°C со скоростью 40 мл/ч на 1 г моллюска, в сутки 0,48 м³ воды на площади 1 м², что составляет для всего водохранилища всеми представителями вида около 3 млн м³ или 1/50 его объема, ежесуточно осаждают взвесей в сухом весе до 48,8 т (вся дрейсена водоема). Аналогичные данные приведены для Воткинского и Камского водохранилищ [2]. Естественно, что слишком большая концентрация взвесей (более 1 тыс./л) может привести к гибели почти всех компонентов бентоса, в том числе и моллюсков, то есть превышаются пределы самоочищения воды.

Несмотря на противоречивость изложенных данных, нет сомнения в уменьшении первичной и вторичной продукции в водоемах от взвешенных частиц. Вполне естественно ожидать аналогичное воздействие и на рыб во всех фазах жизненных циклах, что достаточно полно отражено в отечественной и мировой литературе, хотя в основном на примере горнодобывающей промышленности. Более всего страдают от оседающей на дно взвеси рыбы-литореофилы (лососевидные, осетровые, из карповых – подуст, жерех, голавль, елец и др.), откладывающие икру на чистый галечник. Отсюда в мутных водах эти рыбы уступают первые места по численности и биомассе более эвритопным и токсикорезистентным карповым-фитофилам, нерестящимся в прибрежных зарослевых зонах. Наиболее ценные тихоокеанские, североамериканские, камчатские, сахалинские, приморские лососи избегают заходить в реки, сильно загрязненные взвешенными частицами, их нерестилища заиливаются, теряют пригодность к откладке икры. В водах Прикамья аналогичная ситуация складывается в реках, населенных стерлядью, тайменем, хариусом, подустом, голавлем. По европейскому хариусу нерестовых рек – тысячи (особенно в бассейнах Вишеры, Косьвы, Яйвы, Чусовой, Сылвы) и загрязненных водотоков – десятки. По тайменю десятки рек (Вишера, Велс, Улс, Язьва, Колва, Березовая, Яйва с притоками, Чусовая, Серебрянка, Сылвица, Лупья, Тимшер и др.), по стерляди – единицы (верховья Камы, Кама выше Бондюга, низовья Вишеры, Колва, Мошевские пески на Каме, нижний бьеф Камской и Воткинской ГЭС), но и для этой группы водных объектов есть загрязненные взвесями местообитания (Б. и Сев. Колчим, Язьва ниже Молмыса и др.).

В отношении других видов рыб недопустимо проводить выемку грунта в нерестовый период (1 мая - 15 июня), а лишь в летне-осенний или зимний периоды во избежание прямых воздействий

на нерестилища, нерест, икру и личинок рыб, а так же перемещения преднерестовых и нерестовых косяков.

Считается, что наибольшее влияние взвешенные вещества оказывают на икру и личинок рыб. К примеру, резко падал выклев икринок радужной форели и кижуча из-за заиливания гравийно-галечных отложений и русловых участков ручьев Сев. Америки. Смертность икры акклиматизированной радужной форели в водотоках Новой Зеландии больше там, где среди взвеси доминируют частицы диаметром менее 1 мм. Во время разработок россыпных месторождений в малых реках Орегона (С. Америка) эрозионные наносы покрывали нерестилища лососей таким мощным слоем, что донные беспозвоночные погибали, а икра в гнездах задыхалась. В условиях взмученной воды до 300-750 мг/л сеголетки всех 6 тихоокеанских лососей и радужной форели выживали только 3-4 недели. Интересно, что чавыча идет на нерест только в чистые реки, избегая мутных водотоков, что характерно и для усаца и для большинства проходных и полупроходных рыб, особенно в северных широтах. Неоднократно отмечалось, что кумжа и лосось Кларка не расчищают места для откладки икры в загрязненном взвесью гравии. Также воздействуют твердые песчаные осадки, сносимые реками на икру и личинок нерки и горбуши [29]. Глинистые взвеси оказывают сильное влияние на икру любых видов рыб, особенно сиговых и окуневых, ухудшая газообмен и способствуя распространению грибковых заболеваний. Кроме этого повышается смертность икры и уменьшается ее оплодотворяемость, а также выживаемость свободных эмбрионов [28]. У ранней молоди отмечены засорение жаберного аппарата, снижение дыхательной активности и гибель.

Вместе с тем во многих районах мира есть рыбы, адаптированные к постоянной повышенной мутности вод (Средняя и Юго-Восточная Азия, реки Меконг, Брахмапутра и др., некоторые морские регионы – Гвинейский залив и др.). Интересно, что в литературе есть сведения, подтвержденные экспериментально о слабом воздействии взвесей на развитие икры, вылупление, выживание и распределение личинок по акватории. Так, двухдневное содержание личинок сига в растворе красной глины до 28 мг/л не влияло на их рост и выживание. Близкие результаты показали эксперименты по искусственно оплодотворенной икре и личинкам сельди – при постоянных концентрациях взвешенных веществ в разных сериях опытов от 5 до 300 мг/л (и даже до 500 мг/л при кратковременных условиях), они не влияли на развитие и вылупление личинок. Интересно, что наши наблюдения в районе работы земснаряда в устьевом районе р. Ленвы (Березники, Заячья Горка) в 1993 г. не показали существенных изменений в составе планктона, бентоса, ихтиокомплекса, при значительном

повышении мутности (до 100-200 мг/л), хотя в этом возможно отразились частые поломки и остановки земснаряда. Напротив, в зоне работы агрегата наблюдались скопления молоди карповых, щурят и окуня. Тем не менее, большинство работ свидетельствуют об отрицательном, губительном воздействии на икру и ранний онтогенез рыб, причем последние рассматриваются как самые уязвимые объекты и фазы онтогенеза [9,12,13,21,25,28 и др.].

Естественно, что мощное воздействие взвесей на икру и молодь отражается на уровне воспроизводства, урожайности, жизнестойкости не только молоди, но и в численности взрослых рыб и прочих рыбохозяйственных показателей, а так же, как указывалось выше, в замещении олиготрофных ценных видов малоценными карпообразными. Пороговой концентрацией отпугивания для корюшки является взвесь в 20 мг/л [35], близкие параметры характерны для хариуса (16-20 мг/л; [9], тогда как участки рек с постоянным содержанием взвесей в 40-60 мг/л практически безрыбны (в случае «лососевидного» ихтиоценоза; [10]). При этом как и упоминалось выше, сведения о пороговых концентрациях взвесей для избегания и гибели рыб весьма противоречивы: Херберт и Меркенс (1961) сообщают о гибели 40-50% особей форели при содержании 310-2000 мг/л каолина в воде и 270 мг/л «диатомовой земли» после 10-85-суточной экспозиции, хотя «гниль плавников» развивалась чаще и быстрее, чем в контроле. В ряде случаев форель выживает в течении суток при концентрации взвесей от промывки гравия до 80000 мг/л, но 160000 мг/л выдерживает менее суток и погибает [1]. По данным Кемпбелл гибель форели наступает лишь через 20 суток при концентрации взвеси 2-2,5 тыс. мг/л, хотя икра погибает через 6 суток. Одни из самых выносливых местных рыб по отношению к мутности воды – карась и карп, выдерживающие концентрации монтмориллонитового ила в 100 тыс. мг/л в течение недели и более с выживанием отдельных особей при 225 тыс. мг/л до 1-3 недель.

Практически все исследования указывают на прямое повреждающее воздействие взвесей на жаберный аппарат рыб [12, 27, 33], усиление двигательной активности, вызывающие перерасход энергии, приводя к истощению. Чаще всего происходит рост числа эритроцитов, увеличение РсЭ и снижение числа лейкоцитов. Кроме того, происходят негативные изменения в липидном, белковом и минеральном обмене [5]. Многие авторы признают как хронические, так и кратковременные изменения в ряде физиологических и биохимических процессов. При этом дополнительные движения жаберных крышек в ответ на раздражение взвешенными веществами называют «кашлем» и частоту «кашля» предлагают использовать в токсикологии в качестве показателя отравления. Поми-

мо указанных отношений в состоянии рыб естественных водоемов под воздействием взвесей, нередко наблюдается нарушение гематологических показателей, существенные изменения в основных биологических показателях – замедляется рост, уменьшается жирность, упитанность, сокращается пищевой спектр и суточный рацион, плодовитость, ускоряется созревание, меняется нерестовое поведение, состав паразитофауны, интенсивность инвазии и др. Несколько ниже изученность воздействия взвесей на микрофлору грунта, воды и рыб, хотя отмечены ее изменения в сторону уменьшения. Не следует забывать, что микрофлора наряду с моллюсками и другими гидробионтами играет роль в самоочищении водоемов.

В целом, обобщая все изложенное, следует отметить, что, несмотря на чрезвычайно широкую амплитуду воздействий и разносторонность исследований по влиянию взвесей на жизнь водоемов, далеко не ясными остаются многие вопросы, а в частности следующие:

1) оценка и оконтуривание зон массивированного и умеренного воздействия взвешенных частиц;

2) количественные показатели воздействий в разных по химизму, термике и гидрологии водоемах и их участках на разные виды, группы, сообщества организмов, типы экосистем, на разные фазы жизненных циклов, в разные по водности сезоны и годы;

3) обратимость сукцессий гидробионтов, продолжительность естественной рекультивации в разнотипных водоемах;

4) слабо изучена специфика воздействий от разработки карьеров в поймах и надпойменных террасах, а так же в руслах ручьев, малых, средних реках и участках водохранилищ в сравнении со строительством трубопроводов и разработкой россыпных месторождений.

Выводы: при всем разнообразии конкретных данных, нет сомнений в том, что взвешенные вещества помимо указанных эффектов снижают биопродуктивность и промысловую ценность водоемов, что доказывает обзор, сделанный Алабастером и Ллойдом [1] с учетом зарубежных и отечественных исследований. Каждый регион и в особенности уральский, нуждается в проведении широкомасштабных исследований в области водной токсикологии (включая взвешенные вещества) как для классификации факторов риска, анализа и прогноза техногенных воздействий и катастроф на биоту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алабастер, Дж. Критерии качества воды для пресноводных рыб / Дж. Алабастер, Р. Ллойд. – М.: Легкая и пищ. пром-ть, 1984. 344 с.
2. Алексеевнина, М.С. Зообентос. Роль организмов микробентоса в транспортизации органического вещества и в процессах самоочищения водоема / М.С. Алексеевнина, Н.М. Гореликова // Биология Воткинского водохранилища. – Иркутск, изд-во Иркут. гос. ун-та, 1988. С. 65-117.
3. Алексеевнина, М.С. Хиროномиды малых рек Урала в зонах гидромеханизированных работ / М.С. Алексеевнина, Е.В. Преснова // Экология гидробионтов водоемов Зап. Урала. – Пермь, 1988. С.13-18.
4. Алимов, А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков // Тр. ЗИН АН СССР. – Л., 1981. Т. 96. 248 с.
5. Андронников, С.Б. Методика определения токсичности водной среды по изменению жаберного аппарата рыб / С.Б. Андронников, Э.В. Иванов, Т.М. Лукина, И.С. Шестерин // Гидробиологический журнал. 1987. Вып. 23, № 3. С. 92-95.
6. Головачева, С.И. Особенности влияния различных типов взвешенных веществ на фитопланктон. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. к.б.н. – Л., 1987. 24 с.
7. Гусев, А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения. – М.: Пищевая промышленность, 1975. 367 с.
8. Зюсько, А.Я. Влияния изменения содержания минеральных взвешенных веществ на популяционные характеристики рыб горных рек. Дис. ... канд. биол. наук. – Екатеринбург, 1993. 172 с.
9. Зюсько, А.Я. Состояние популяций хариуса в районах проведения горных работ / А.Я. Зюсько, В.В. Русанов // Экологическая обусловленность фенотипа рыб и структура их популяций. – Свердловск, УрО АН СССР, 1989. С. 125-128.
10. Кайгородов, Н.Е. Влияние минеральных взвесей на гидробионтов и распределение взвешенных частиц по потоку при дноуглубительных работах // Рыбохозяйственные исследования водоемов Урала. – Л., 1979. Вып. 2. С. 128-131.
11. Лукина, Т.М. Влияние качества воды на состояние жаберного аппарата карпа / Т.М. Лукина, С.Б. Андронников, Э.В. Иванов, И.С. Шестерин // Тр. ВНИИПРХ. 1985. № 145. С. 188-191.
12. Лукьяненко, В.И. Токсикология рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1967. 216 с.
13. Лукьяненко, В.И. Общая ихтиотоксикология. – М.: Пищевая промышленность, 1983. 320 с.
14. Львова-Качанова, А.А. Осаждение дрейсовой взвеси и использование ее личинками хируномид / А.А. Львова-Качанова, Э.И. Извекова // Комплексные исследования водохранилищ. – М.: МГУ, 1973. Вып. 2. С. 130-135.
15. Морозов, А.Е. Донная фауна малых рек и влияние на нее взвешенных веществ донных вод // Рыбохоз. иссл-я водоемов Урала. – Пермь, 1979. Вып. 2. С. 108-113.
16. Наумова, Н.Н. Зоопланктон рек Мулянки и Сылвы в зоне работы земснаряда // Экол. гидроб. вод-в Зап. Урала. – Пермь, 1988. С. 18-28.
17. Наумова, Н.Н. Структура сообщества зоопланктона в зарослях высшей водной растительности разного типа (на примере Очерского залива Воткинского в-ща). Автореф. дис. ... к.б.н. – СПб., 1993. 23 с.
18. Никитина, Е.В. Влияние антропогенных факторов на развитие биоценозов дна малых рек // Науч. тр. Ярослав. гос. пед. ин-та. 1976. Вып. 16. С. 42-48.
19. Попов, В.Е. Влияние добычи песка на макробентос некоторых рек северо-запада европейской части

- СССР // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – Л., 1987. Вып. 5 (ДСП). С. 21-28.
20. Русанов, В.В. Экологическое обоснование природоохранной концепции при разработке грунтов гидромеханизированным способом. Автореф. дис. ... д.б.н. – М., 1990. 44 с.
21. Сапо, Л.М. Воздействие добычи песка и гравия на экологическое состояния Иваньковского водохранилища / Л.М. Сапо, А.Б. Терешин, М.П. Бойцов // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ, 1994. № 328. С. 160-171.
22. Селеткова, Е.Б. Видовой состав и сезонные комплексы планктона Воткинского водохранилища на участке Хмелево-Казанка // Биол. ресурсы камских водохранилищ и их использование. – Пермь.: ПГУ, 1992. С. 187-198.
23. Столбунова, В.Н. Многолетняя динамика зоопланктона Иваньковского водохранилища // Водные сообщества и биология гидробионтов. – Л.: Наука, 1985. 156 с.
24. Строганов, Н.С. Токсикологический контроль загрязненности пресных вод // Влияние загрязнений на гидробиологию и экосистемы водоемов. – Л. Наука, 1979. С. 221-224.
25. Хвиневиц, С.И. Влияние сточных дренажных разбо-ток на зоопланктон // Рыбохоз. иссл. вод-в Урала. – Пермь. 1979. Вып. 2. С. 114-121.
26. Bardach, I.E. Pollution effects on fish / I.E. Bardach, I.S. Libe // *Encycl. Environ. Sci.* Vol.2. 7-P. N-Y. e.a. 1981. P. 871-877/
27. Billard, R. Influence de scdiments argileux incirpores an milicud' ensemiation sur le success de la fecundation chez la truite arienciel (*Salmo gairdneri*) // *Water Res.* 1982. V. 16, № 5. P. 725-728.
28. Cooper, A.C. The effects of transported stream sedi-ments on the survival of the sockeye and pink salmon eggs and alevin // *Bull. Internal. Pacific Salmon Fish Comiss.* 1965. N 18. 71 p.
29. Hughes, G.M. Conghing in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and the influence of pollutants // *Rev Suisse zool.* 1975. 82. N1. P. 47-64.
30. Jones, J.R.E. Fish and river pollution. – London, 1964. 203 p.
31. Kennedy, F. Using fish to monitor pollution // *Technol. Gerel.* 1986. P. 23-37.
32. Mallatt, J. Fish gill structural changes induced by toxi-cants and others irritants: a statistical review // *Can. J. Fish and Aquat. Sci.* 1985. 42. N4. P. 630-648.
33. River, B. Habitat modifications and Freshwater fish / B. River, J. Seguiet // *Proc. Symp. Enr. Jnland fish. Adv. Comiss. Aarchus.* 23-25 May. 1984. – London et al., 1985. P. 131-146.
34. Wildish, D.I. Avoidance of suspended sediments by smelt as determined by a new "single fish" behavioral bioassay / D.I. Wildish, I. Power // *Bul. Environ. Contam. and Technol.* 1985. 34. N5. P. 770-774.

ABOUT THE IMPACT OF SUSPENDED PARTICLES ON HYDROFAUNA

© 2015 E.A. Zinoviev, A.B. Kitaev

Perm State National Research University

The impact of suspended particles on the physical and chemical characteristics of water, its thermals, bio-logical processes in ecosystems (phytoplankton, zooplankton, fish fauna, different phases of fish life cy- cle) is shown.

Key words: *suspended particles, plankton, benthos, fish*

Evgeniy Zinoviev, Doctor of Biology, Professor, Head of the Vertebrates Zoology and Ecology Department. E-mail: zoovet@psu.ru;

Alexander Kitaev, Candidate of Hydrology, Associate Professor at the Department of Hydrology and Water Resources Safe. E-mail: hydrology@psu.ru