

ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

DOI: 10.24143/2073-5529-2018-4-7-16
УДК 597.2/.5; 556.5

А. С. Алдохин, А. А. Чемагин

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК РАЗРАБОТКИ ПЕСЧАНОГО КАРЬЕРА В РУСЛЕ РЕКИ

Рассмотрены возможные негативные последствия разработки песчаного карьера гидро-механизированным способом в русловой части р. Иртыш: влияние на рыб и гидробионтов вибрационно-шумового воздействия, изменение батиметрических и гидрологических характеристик русла, повышение мутности, вторичное загрязнение воды и донных отложений, ухудшение гидрохимического режима. Проектируемый карьер должен располагаться в русле р. Иртыш в Тобольском районе Тюменской области, на расстоянии 5 и 10 км выше по течению от двух русловых зимовальных ям (Нижне-Филатовская и Надцынская), имеющих большое значение в сохранении водных биологических ресурсов. Для контроля возникновения возможных негативных последствий для рыбного населения, в том числе представителей осетровых рыб, предлагается проводить мониторинговые исследования. Приводится перечень физических, химических и биологических показателей, которые необходимо отслеживать при эксплуатации карьера (плотность рыб, доли таксономических и размерных групп рыб, содержание растворенного в воде кислорода, содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в воде и донных отложениях, показатель мутности, батиметрические характеристики). С помощью многопараметрической системы оценки качества воды *Notiba* и гидроакустических комплексов *AsCog* и *PanCog* оценены исходные показатели мутности воды и плотности рыб в районе акватории, граничащем с участком проектируемого карьера, изучен таксономический состав рыбного населения. Дополнительно, с целью минимизации ущерба, наносимого рыбному хозяйству, период эксплуатации карьера предлагается ограничить сроками наступления его обсыхания в период межени – со 2-й декады августа по октябрь.

Ключевые слова: акватория, зимовальная яма, разработка карьера, Иртыш, рыбное население, плотность рыб, показатели мутности, гидробионты, сибирский осетр.

Введение

Хозяйственная деятельность человека, приводящая к нарушению исходного состояния водных экосистем в виде сбросов сточных вод промышленных предприятий, организаций жилищно-коммунального хозяйства, загрязнения нефтепродуктами, тяжелыми металлами, зарегулирования рек (строительство плотин), отбора стока для орошения, прокладки трубопроводов, строительства мостов, дноуглубительных работ, водного транспорта, может оказывать существенное негативное влияние на гидробионтов. В результате антропогенного воздействия происходит изменение гидрологического и гидрохимического режимов водоемов, нарушение миграционных путей, в том числе и рыб; ухудшение среды обитания вызывает перестройку биоценозов – «выпадение» чувствительных видов и доминирование устойчивых видов, нарушение поведения гидробионтов, угнетение роста, плодовитости и пр.

К дноуглубительным работам следует отнести и разработку карьеров в водоемах. На участке Нижнего Иртыша в настоящее время также планируется разработка песчаного карьера.

Цель нашей работы – оценить современное исходное состояние и видовое разнообразие рыбного населения, его плотность, а также определить показатели мутности и потенциально возможные негативные воздействия на гидробионты, вызванные разработкой проектируемого карьера в русле р. Иртыш, непосредственно в его акватории и акватории, сопряженной с ним.

Материал и методика

Проектируемый песчаный карьер должен располагаться в русле р. Иртыш на участке 585–584 км в Тобольском районе Тюменской области в координатах 58.544931° с. ш., 68.567191° в. д. Разработку карьера планируется осуществлять гидромеханизированным способом. Площадь акватории, планируемая к разработке, составляет 17,5 га. Исследования оценки плотности рыб и соотношения их таксономических групп в акватории русловой части р. Иртыш, предполагаемой к созданию карьера, и сопряженной с ним акватории реки проводилось 18.07.2018 г. и 23.08.2018 г. с помощью гидроакустических программно-технических комплексов AsCog и PanCog (производство ООО «Промгидроакустика», г. Петрозаводск). С борта моторной лодки производилась запись гидроакустической съемки. Полученная запись обработана в лабораторных условиях специальным программным приложением. Распределение рыб по таксономическим группам также выполнено на основе специального программного приложения Тахопому [1]. Видовой состав рыбного населения изучен с использованием литературных данных [2, 3] и ранее проведенного контрольного лова рыбы ставными и плавными сетями на данном участке реки. Для оценки исходных показателей мутности (нефелометрический метод) использовали многопараметрическую систему оценки качества воды Noriba U-22 (Япония). Определение показателей мутности проводили 23.08.2018 г. Карта-схема расположения проектируемого карьера и района исследований представлена на рис. 1.

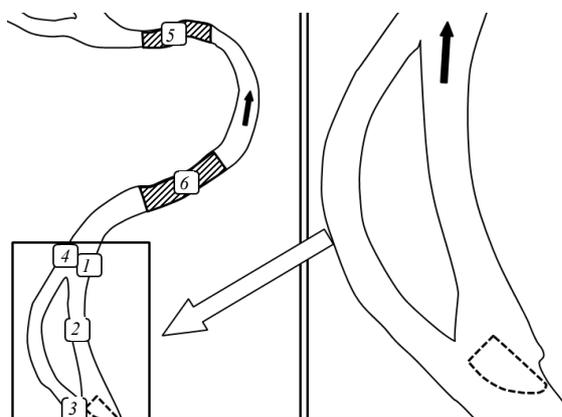


Рис. 1. Схема исследуемого участка р. Иртыш (пунктиром обозначены границы проектируемого карьера, закрашенной стрелкой – направление течения реки): 1–4 – точки отбора проб мутности; 5, 6 – русловые ямы Надцынская (574–572 км) и Нижне-Филатовская (577–579 км)

Результаты и их обсуждение

Участок предполагаемого к разработке карьера расположен в русле р. Иртыш, выше по течению на 10 и 5 км по отношению к двум зимовальным русловым ямам – Надцынской и Нижне-Филатовской, расположенным на 574–572 и 577–579 км р. Иртыш соответственно. Данные участки реки являются круглогодичными концентраторами рыб, в том числе и ценных – сибирского осетра, стерляди, нельмы [4, 5]. Кроме того, р. Иртыш с притоками относятся к миграционным путям к местам нереста сиговых и осетровых видов рыб [6].

Рыбное население исследованной акватории включает характерные для Нижнего Иртыша виды [2, 3]. Доминируют карповые виды рыб, к которым относят язя (*Leuciscus idus* Linnaeus, 1758), плотву (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758), леща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), ельца (*Leuciscus leuciscus* Linnaeus, 1758), серебряного (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) и золотого карася (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758). В меньшей степени представлены группы окуневых: судак (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), окунь (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758) и ерш (*Gimnocephalus cernuus* Linnaeus, 1758); сиговых (нельма (*Stenodus leucichthys nelma* Pallas, 1773), щуковых (щука *Esox lucius* Linnaeus, 1758), осетровых: сибирский осетр (*Acipenser baerii* Brandt, 1869), стерлядь (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758)) – и налимовых (налим *Lota lota* Linnaeus, 1758). При этом следует отметить, что сибирский осетр является охраняемым на территории Тюменской

области видом с категорией редкости 2 [7]. К данной категории относятся таксоны с неуклонно сокращающейся численностью, которые при дальнейшем воздействии факторов, снижающих их численность, могут в короткие сроки попасть в категорию находящихся под угрозой исчезновения [8].

В результате исследований, выполненных 18.07.2018 г., установлено, что в акватории реки, сопряженной с участком карьера, средняя плотность рыбного населения составила 12 241 экз./га, на участке проектируемого карьера величина данного показателя оказалась в 10 раз меньше – 1 231 экз./га (табл. 1).

Таблица 1

Плотность и соотношение таксономических групп рыбного населения в акватории проектируемого карьера и сопряженной акватории русловой части р. Иртыш, июль-август 2018 г.

Дата наблюдений	Параметры	Таксономические группы				
		Карповые	Окуневые	Сиговые, щуковые	Осетровые, налимовые	Итого
<i>Акватория карьера</i>						
18.07.2018	Доля, %	67,73	23,50	4,80	3,97	100
	Плотность, экз./га	839	291	59	49	1 238
23.08.2018	Доля, %	64,08	20,94	8,38	6,60	100
	Плотность, экз./га	659	215	86	68	1 028
<i>Акватория сопряженной площади</i>						
18.07.2018	Доля, %	65,23	23,12	6,37	5,28	100
	Плотность, экз./га	7 986	2 829	780	646	12 241
23.08.2018	Доля, %	76,6	10,64	4,26	8,5	100
	Плотность, экз./га	841	117	47	93	1 098

Минимальные значения плотностей рыб отмечены 23.08.18 г., их величины составили 1 098 и 1 028 экз./га соответственно.

Следует учитывать, что при отсутствии преград к перемещению рыб в исследуемой акватории плотность рыб на участке карьера может достигать значений сопряженной акватории. Таким образом, показатель плотности особей сибирского осетра на данном участке реки в летний период (июль-август) может достигать 68 экз./га в акватории предполагаемого карьера и 646 экз./га на сопряженной акватории. Максимальные глубины на сопряженном участке 18.07.18 г. составили 14,9 м, 23.08.18 г. – 14 м, на участке предполагаемого карьера – 6,3 и 4,8 м соответственно. Средние значения показателей глубин 18.07.18 г. и 23.08.18 г. в акватории проектируемого карьера достигали 4,89 и 2,72 м, в сопряженной акватории – 7,97 и 7,16 м соответственно.

В результате расчетов показателя мутности воды установлено, что в зонах акватории, расположенных ниже по течению от предполагаемого карьера (см. рис. 1, точки 1 и 2), максимальные значения данного показателя достигали 37, а среднее 21,4 и 26,6 единиц в точке 1 и в точке 2 соответственно. В зоне левобережной части русла (см. рис. 1, точки 3, 4) максимальное значение этого показателя составило 45, средние значения – 21,2 и 33,6 единиц в точке 3 и в точке 4 соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Результаты исследований мутности воды в акватории карьера и сопряженной акватории русловой части р. Иртыш (23.08.2018 г., нефелометрические единицы NTU)

Номера измерений	Точки измерений			
	1	2	3	4
	Координаты			
	58.572444° с. ш. 68.561528° в. д.	58.561271° с. ш. 68.562222° в. д.	58.541556° с. ш. 68.563306° в. д.	58.573667° с. ш. 68.560000° в. д.
1	11	24	18	29
2	14	32	17	30
3	19	29	26	37
4	26	26	30	27
5	37	22	15	45
Среднее значение	21,4	26,6	21,2	33,6

Основными факторами негативного воздействия разработки проектируемого карьера на гидробионтов р. Иртыш являются:

- вибрационно-шумовое воздействие;
- изменение батиметрических и гидрологических характеристик русла;
- повышение мутности, вторичное загрязнение и ухудшение гидрохимического режима.

Вибрационно-шумовое воздействие и повышенная мутность в первую очередь оказывают заметное влияние на поведение рыб, снижая интенсивность покатных миграций [9, 10], усиливая агрессию, снижая эффективность поиска кормовых объектов и защиты от хищников [11]. В результате шумового воздействия на рыб и других гидробионтов (зоопланктон и зообентос) отмечают пороки развития тела, повышенную смертность, задержки развития, замедленные темпы роста [11]. Анатомические последствия шумового воздействия представляют собой серьезные внутренние повреждения, вызывающие дезориентацию и даже смерть [11]. Повреждение слуховых структур может ухудшаться со временем даже после прекращения шума, временная потеря слуха может длиться месяцы [11].

Гидрологические особенности реки (скорость течения, интенсивность эрозионно-аккумулятивных процессов, меандрирование) в районе планируемых работ могут усугублять негативные последствия разрушения грунтов, так, высокая скорость течения может увеличивать распространение шлейфа мутности [9]. Подобные результаты представлены в ряде работ иностранных исследователей [12, 13]: эрозия русла рек и берегов, вызванная интенсивным изъятием донных грунтов, и, как следствие, возникающие шлейфы повышенной мутности ниже по течению приводят к снижению уровня растворенного кислорода, засорению жабр (отложение взвеси на жаберных лепестках) личинок и взрослых особей рыб, повреждению мягких тканей молоди рыб [14] и их последующей гибели [9, 13, 15] и беспозвоночных [12], жировой истощенности органов и тканей моллюсков [16], обеднению видового разнообразия, гибели и снижению количественных показателей зоопланктона [9, 17]. В зонах возникающей повышенной мутности численность и биомасса бентосных организмов могут сокращаться в 4,5 и 4,1 раза соответственно [16]. В речных системах с высокой концентрацией взвешенных частиц донных осадков (более 100 мг/л) жабры рыб покрываются частицами грунта до такой степени, что поглощение кислорода становится практически невозможным и происходит гибель рыбы [18]. Высокая гибель карповых рыб, отличная от контрольных данных, также показана в экспериментальной работе по изучению влияния повышенной мутности на выживаемость густеры [16]. В районе гидромеханизированных работ численность рыб снижается до 15 раз, а их биомасса – до 3-х [9]. Как правило, повышенное осаждение взвешенных частиц грунта и изменение конфигурации русла реки приводят к утрате нерестовых и нагульных участков, расположенных ниже по течению [13].

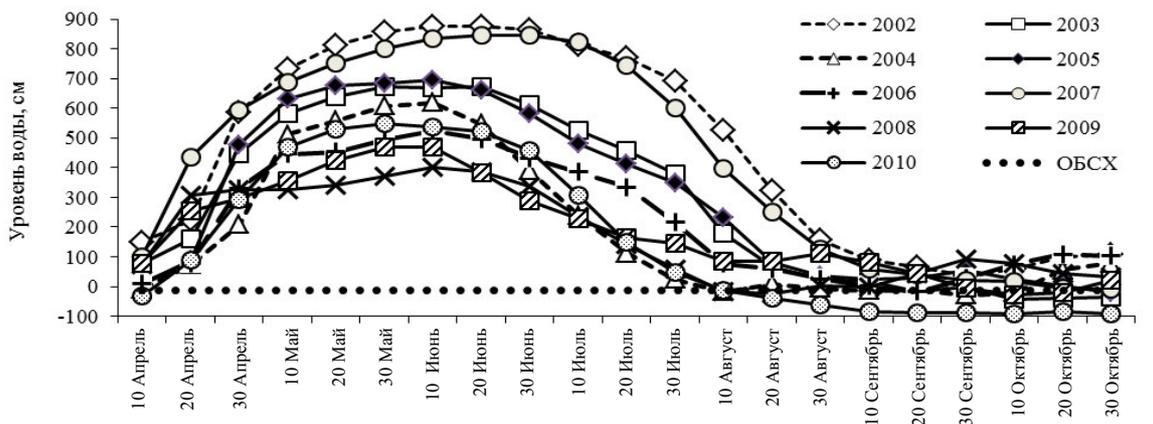
Дополнительно следует отметить, что может происходить вымывание осажденных поллютантов из донных отложений и наступать вторичное загрязнение вод и донных отложений, ухудшение гидрохимического режима [9]. При этом снижение растворенного кислорода до определенного предела у рыб может компенсироваться увеличением частоты дыхания и объема воды, прогоняемой через жабры [19]. Для представителей семейства осетровых характерно преимущественно пространственное распределение в зоне водоема с наиболее оптимальным кислородным режимом более 7 мг/л [20], таким образом, допускается избегание представителями данного семейства акватории планируемого карьера. В результате токсического воздействия непереносимый ответ отмечают и в репродуктивной системе рыб, что проявляется в замедлении процесса развития яйцеклеток или полном их разрушении (резорбции), увеличении возраста полового созревания, временном прекращении нереста [21, 22]. В условиях гипоксии токсический эффект поллютантов может усиливаться, что приводит к резкому падению уровня каротиноидов в печени и, соответственно, к снижению репродукционного потенциала рыб, патологическим изменениям кроветворных и репродуктивных органов [22]. В результате анализа гематологических показателей и наблюдаемых изменений в организме рыб резорбцию икры сопоставляют с отторжением аллотрансплантата и антенатальной гибели плода у высших позвоночных [23]. Известно [24], что при наличии выбора местообитаний с различной мутностью воды рыбы стараются избегать мутных зон, увеличивая плотность в более прозрачных водах, а их способность к визуальному ориентированию снижается [25, 26]. Показатель мутности относится к одному из экологических сигналов, который в комплексе с уровнем воды и ее температурой способны влиять на интенсивность миграций [27, 28], сроки нереста [28], поведение рыб [14, 25, 28], в том числе и нерестовое [14, 29].

Таким образом, повышение мутности вследствие увеличения концентрации взвешенных частиц грунта, вызванное изменением строения рельефа дна реки, а также изъятием песка, и, как следствие, развитие труднопрогнозируемых аккумуляционно-эрозионных русловых процессов могут в ближайшее время после начала эксплуатации проектируемого карьера привести к деградации местообитаний гидробионтов, в том числе и рыб [25, 30]. Также будет затруднен поиск кормовых объектов [31, 32] как хищными, так и мирными рыбами [33].

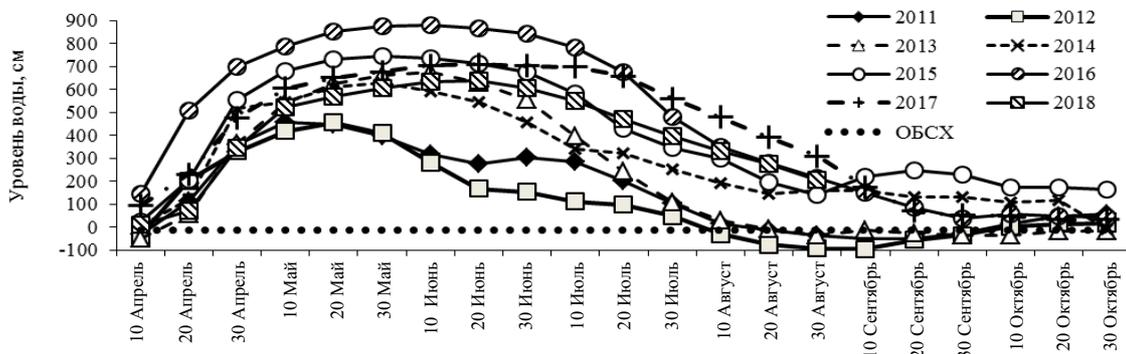
На наш взгляд, превалирующими экологическими рисками разработки карьера необходимо считать потенциальную частичную или полную утрату двух зимовальных русловых ям, расположенных ниже по течению, а также нарушение нерестовых и покатных миграций осетровых и сиговых рыб.

Таким образом, в результате планируемых хозяйственных мероприятий на данном участке реки может произойти снижение рыбопродуктивности, а также биомассы беспозвоночных. Однако прогнозировать с высокой степенью вероятности, насколько изменится показатель мутности при эксплуатации карьера, практически невозможно, для этого необходимо проведение дополнительных исследований во время эксплуатации карьера.

По данным спутниковых снимков Google Earth Pro обсыхание акватории проектируемого карьера отмечалось 1.08.2010 г. Отметка уровня воды в районе гидропоста «Тобольский» на эту дату составила $-0,14$ м. На рис. 2 представлен временной период 2002–2018 гг. (апрель–октябрь) достижения данного уровня воды в р. Иртыш (данные предоставлены гидропостом «Тобольский»), уровень воды р. Иртыш на отметке $-0,14$ м показан жирной пунктирной линией (ОБСХ).



а



б

Рис. 2. Уровненный режим р. Иртыш в районе гидропоста «Тобольский» в 2002–2018 гг. (апрель–октябрь): 2002–2010 гг. (а); 2011–2018 гг. (б)

На представленных диаграммах видно, что в маловодные годы (2004, 2010, 2012 гг.) отметка уровня воды, при котором отмечено обсыхание карьера, может наблюдаться в третьей декаде июля, в этот период эксплуатация карьера недопустима, т. к. в данный период может продолжаться нерест сибирского осетра [2]. В многоводные годы (2014–2016 гг.) достижение данной отметки может либо не наблюдаться, либо отмечаться только в период ледостава – в 3-ю декаду октября.

Заключение

Таким образом, на исследуемой территории в результате мероприятий по разработке проектируемого карьера могут наступить следующие негативные последствия для рыбного населения:

- ухудшение местообитаний гидробионтов, в том числе частичная или полная утрата расположенных ниже по течению двух зимовальных русловых ям;
- нарушение нерестовых и нагульных миграций рыб;
- повышение стресса и снижение защиты от хищников у рыб;
- нарушение поиска кормовых объектов и снижение их биомассы.

В целях минимизации ущерба, наносимого рыбному хозяйству при разработке и последующей эксплуатации проектируемого карьера по добыче песка, необходимо:

1. В качестве компенсационных мероприятий произвести расчет и выпуск необходимого объема молоди ценных видов рыб в магистраль р. Иртыш.

2. Проводить регулярный ежегодный мониторинг следующих показателей: плотность рыб, доли таксономических и размерных групп рыб, содержание растворенного в воде кислорода, содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в воде и донных отложениях, показатель мутности, батиметрические характеристики в акваториях следующих участков:

- расположенные ниже по течению 2 русловые ямы;
- левобережная русловая часть р. Иртыш (слева от о. Филатовский);
- русловая часть реки на 1 км выше по течению от планируемого карьера;
- русловая часть реки на 3,5 км ниже по течению от планируемого карьера;
- участок непосредственно ниже по течению от работающего земснаряда.

3. Запретить эксплуатацию карьера в период нереста рыб; добычу песка производить в период осенней межени, при достижении годового минимума уровня воды в реке (в августе–октябре), когда наблюдается минимальная численность рыб либо полное ее отсутствие в связи с обсыханием данного участка акватории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Borisenko E. S., Mochek A. D., Pavlov D. S., Degtev A. I.* Hydroacoustic characteristics of mass fishes of the Ob-Irtysh basin // *Journal of Ichthyology*. 2006. V. 46. N. 2. DOI: 10.1134/S0032945206110130.
2. *Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 1.* / под ред. Ю. С. Решетникова. М.: Наука, 2002. 379 с.
3. *Атлас пресноводных рыб России: в 2 т. Т. 2* / под ред. Ю. С. Решетникова. М.: Наука, 2002. 253 с.
4. *Pavlov D. S., Mochek A. D., Borisenko E. S., Degtev A. I., Shakirov R. R., Degtev E. A.* Biological significance of the Gornoslinkinskaya riverbed depression in the Irtysh // *Journal of Ichthyology*. 2006. V. 46. N. 2. DOI: 10.1134/S0032945206110026.
5. *Павлов Д. С., Мочек А. Д., Борисенко Э. С., Дегтев Е. А., Дегтев А. И.* Скопления рыб на русловых ямах реки Иртыш // *Рыбное хозяйство*. 2011. № 2. С. 86–89.
6. *Об утверждении правил рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 06 ноября 2014 г. № 427.* М.: Гарант, 2015. 59 с.
7. *Перечень видов животных, растений и грибов, подлежащих занесению в Красную книгу Тюменской области: приложение к постановлению Правительства Тюменской области «О перечне видов, подлежащих занесению в Красную книгу Тюменской области» в редакции от 29 ноября 2017 г. № 590-п.* URL: <http://docs.cntd.ru/document/906604509> (дата обращения: 11.09.2018).
8. *Красная Книга Российской Федерации (животные).* М.: АСТ Астрель, 2001. 863 с.
9. *Болотова Н. Л., Зуянова О. В., Думнич Н. В.* Влияние гидромеханизированных работ на водные экосистемы Вологодской области // *Научное обеспечение охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов: материалы науч.-практ. конф.* Вологда, 1997. С. 22–27.
10. *Lothian A. J., Newton M., Barry J., Walters M., Miller R. C., Adams C. E.* Migration pathways, speed and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in a Scottish river and the near-shore coastal marine environment // *Ecology of Freshwater Fish*. 2018. N. 27. P. 549–558.

11. *Weilgart L.* The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. Report for OceanCare, Switzerland. URL: https://www.oceancare.org/wp-content/uploads/2017/10/OceanNoise_FishInvertebrates_May2018.pdf (дата обращения: 11.09.2018).
12. *A resource guide for local councils: erosion and sediment control.* Department of Environment and Conservation (DEC) by GEMS Pty Ltd. URL: <https://www.environment.nsw.gov.au/resources/stormwater/erosionsediment0642.pdf> (дата обращения: 11.09.2018).
13. *Houdet J., Muloopa H., Ochieng C., Kutegeka S., Nakangu B.* Cost Benefit Analysis of the Mining Sector in Karamoja, Uganda. URL: <http://www.synergiz.fr/wp-content/uploads/2014/05/CBA-Karamoja-Mining-Final-IUCN-ISS-Irishaid-Synergiz.pdf> (дата обращения: 11.09.2018).
14. *Page M.* Impacts of Sediment plume on fish, eggs and larvae. URL: <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/proposal/EEZ000006/Hearings/EEZ000006-21-05-Michael-Page-Impacts-on-Fish-summary-CRP.pdf> (дата обращения: 11.09.2018).
15. *Biological effects of sediment on bull trout and their habitat.* URL: <https://www.fws.gov/wafwo/Documents/EffectsofAction/Effects%20of%20Turbidity%20and%20Suspended%20Sediments.pdf> (дата обращения: 11.09.2018).
16. *Шкодин Н. В.* Влияние дноуглубительных работ на физиолого-биохимические показатели гидробионтов и кормовую базу рыбохозяйственных водоемов // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2005. № 3 (26). С. 228–232.
17. *Морева О. А., Тарбеев М. Л., Дарсия Н. А., Логинов В. В., Кривдина Т. В.* Влияние гидромеханизированных работ на жизнедеятельность гидробионтов при дноуглублении и добычи песка на водоемах Нижегородской области // Наука и мир. 2015. Т. 3. № 4 (20). С. 60–64.
18. *Swinkels L. H., Van de Ven M. W. P. M., Stassen M. J. M., Van der Velde G., Lenders H. J. R., Smolders A. J. P.* Suspended sediment causes annual acute fish mortality in the Pilcomayo River (Bolivia) // Hydrological Processes. 2012. N. 28 (1). P. 8–15. DOI: 10.1002/hyp.9522.
19. *Fernandes M. N., Barrionuevo W. R., Rantin F. T.* Effects of thermal stress on respiratory responses to hypoxia of a South American Prochilodontid fish, *Prochilodus scrofa* // Journal of Fish Biology. 1995. N. 46. P. 123–133. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1995.tb05951.x.
20. *Altenritter M. E. L., Wieten A. C., Ruetz C. R., Smith K. M.* Seasonal spatial distribution of juvenile lake sturgeon in Muskegon Lake, Michigan, USA // Ecology of Freshwater Fish. 2013. N. 22 (3). P. 467–478. DOI: 10.1111/eff.12040.
21. *Рабазанов Н. И.* Резорбция икры как биоиндикатор состояния популяций рыб и среды их обитания // Естественные и технические науки. 2009. № 4 (42). С. 92–94.
22. *Цема Н. И., Самарская Е. А., Рудницкая О. А.* Особенности физиологической реакции нерестовой части популяции бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* в Таганрогском заливе в условиях заморных явлений // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, приуроченной к 145-летию Севастоп. биолог. станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.): в 3 т. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. Т. 1. С. 331–334.
23. *Микряков В. Р., Микряков Д. В., Силкина Н. И.* Влияние резорбции икры на иммунофизиологическое состояние рыб // Российский иммунологический журнал. 2015. Т. 9 (18). № 1–1. С. 139–141.
24. *Mori T., Kato Y., Takagi T., Onoda Y., Kayaba Y.* Turbid water induces refuge behaviour of a commercially important ayu: A field experiment for interstream movement using multiple artificial streams // Ecology of Freshwater Fish. 2018. N. 00. P. 1–8.
25. *Mous P. J., Van Densen W. L., Machiels M. A.* Vertical distribution patterns of zooplanktivorous fish in a shallow, eutrophic lake, mediated by water transparency // Ecology of Freshwater Fish. 2004. N. 13. P. 61–69. DOI: 10.1111/j.0906-6691.2004.00042.x.
26. *Gray S. M., Sabbah S., Hawryshyn C. W.* Experimentally increased turbidity causes behavioural shifts in Lake Malawi cichlids // Ecology of Freshwater Fish. 2011. N. 20. P. 529–536. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2011.00501.x.
27. *Bunt C. M., Van Poorten B. T., Wong L.* Denil fishway utilization patterns and passage of several warmwater species relative to seasonal, thermal and hydraulic dynamics // Ecology of Freshwater Fish. 2001. N. 10. P. 212–219. DOI: 10.1034/j.1600-0633.2001.100403.x.
28. *Rakowitz G., Berger B., Kubecka J., Keckeis H.* Functional role of environmental stimuli for the spawning migration in Danube nase *Chondrostoma nasus* (L.) // Ecology of Freshwater Fish. 2008. N. 17. P. 502–514. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2008.00302.x.
29. *Tsuda Y., Kawabe R., Tanaka H., Mitsunaga Y., Hiraishi T., Yamamoto K., Nashimoto K.* Monitoring the spawning behaviour of chum salmon with an acceleration data logger // Ecology of Freshwater Fish. 2006. N. 15. P. 264–274. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2006.00147.x.
30. *Hazelton P. D., Grossman G. D.* Turbidity, velocity and interspecific interactions affect foraging behaviour of rosyside dace (*Clinostomus funduloides*) and yellowfin shiners (*Notropis lutipinnis*) // Ecology of Freshwater Fish. 2009. N. 18. P. 427–436. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2009.00359.x.

31. Jepsen N., Beck S., Skov C., Koed A. Behavior of pike (*Esox lucius* L.) > 50 cm in a turbid reservoir and in a clearwater lake // Ecology of Freshwater Fish. 2001. N. 10. P. 26–34. DOI: 10.1034/j.1600-0633.2001.100104.x.

32. Van Landeghem M. M., Carey M. P., Wahl D. H. Turbidity-induced changes in emergent effects of multiple predators with different foraging strategies // Ecology of Freshwater Fish. 2011. N. 20. P. 279–286. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2011.00494.x.

33. Jönsson M., Ranåker L., Anders Nilsson P., Brönmark C. Prey-type-dependent foraging of young-of-the-year fish in turbid and humic environments // Ecology of Freshwater Fish. 2012. N. 21. P. 461–468. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2012.00565.x.

Статья поступила в редакцию 09.10.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Алдохин Андрей Степанович – Россия, 626152, Тобольск; Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук; лаборант группы экологии гидробионтов; ChemaginAA@yandex.ru.

Чемагин Андрей Александрович – Россия, 626152, Тобольск; Тобольская комплексная научная станция Уральского отделения Российской академии наук; канд. биол. наук; старший научный сотрудник группы экологии гидробионтов; ChemaginAA@yandex.ru.



A. S. Aldokhin, A. A. Chemagin

ECOLOGICAL RISK OF A SAND QUARRY EXCAVATION IN THE RIVERBED

Abstract. The article describes the potential negative consequences of hydraulicking a sand quarry in the Irtysh channel: vibration and noise impact on fish and hydrobionts, changes in the bathymetric and hydrological characteristics of the riverbed, increased turbidity, secondary pollution of water and bottom sediments, and deterioration of the hydrochemical regime. The projected quarry will be located in the riverbed of the Irtysh in the Tobolsk District of the Tyumen Region, at a distance of 5 and 10 km upstream from two wintering holes - Nizhne-Filatovskaya and Nadtsinskaya, which are of great importance for preserving the aquatic biological resources. To prevent possible negative consequences for the fish population, including sturgeon species, it has been proposed to conduct monitoring studies. There is given a list of physical, chemical and biological indicators that should be monitored during the quarry operation: fish density, proportion of fish taxonomic groups and size groups, content of oxygen dissolved in water, content of heavy metals and oil products in water and sediments, turbidity, bathymetric characteristics. Using Horiba, a multi-parameter system of water quality assessment, and AsCor and PanCor hydroacoustic complexes there have been studied the initial indicators of water turbidity and fish density in the water area adjacent to the site of the projected quarry, as well as taxonomic composition of the fish population. Additionally, in order to minimize damage to fisheries, it has been proposed to limit the period of quarry operation by the time of its drying in the period of low water - from 2nd decade of August to October.

Key words: water area, wintering hole, excavation of the quarry, the Irtysh, fish population, fish abundance, turbidity factor, hydrobionts, Siberian sturgeon.

REFERENCES

1. Borisenko E. S., Mochev A. D., Pavlov D. S., Degtev A. I. Hydroacoustic characteristics of mass fishes of the Ob-Irtysh basin. *Journal of Ichthyology*, 2006, vol. 46, no. 2. DOI: 10.1134/S0032945206110130.
2. *Atlas presnovodnyh ryb Rossii: v 2 t. T. 1.* [Atlas of freshwater fish in Russia: in 2 vol. Vol. 1]. Pod redakciej Ju. S. Reshetnikova. Moscow, Nauka Publ., 2002. 379 p.
3. *Atlas presnovodnyh ryb Rossii: v 2 t. T. 2* [Atlas of freshwater fish in Russia: in 2 vol. Vol. 2]. Pod redakciej Ju. S. Reshetnikova. Moscow, Nauka Publ., 2002. 253 p.

4. Pavlov D. S., Mochek A. D., Borisenko E. S., Degtev A. I., Shakirov R. R., Degtev E. A. Biological significance of the Gornoslinskaya riverbed depression in the Irtysh. *Journal of Ichthyology*, 2006, vol. 46, no. 2. DOI: 10.1134/S0032945206110026.
5. Pavlov D. S., Mochek A. D., Borisenko Je. S., Degtev E. A., Degtev A. I. Skopleniya ryb na ruslovyh jamah reki Irtysh [Abundance of fish in riverbed depressions of the Irtysh]. *Rybnoe hozjajstvo*, 2011, no. 2, pp. 86-89.
6. *Ob utverzhenii pravil rybolovstva dlja Zapadnogo rybohozjajstvennogo bassejna: prikaz Ministerstva sel'skogo hozjajstva Rossijskoj Federacii ot 06 nojabrja 2014 g. № 427* [On approval of fishing regulations for Western fishery basin: Order of the RF Ministry of agriculture No.427 dated November 6, 2014]. Moscow, Garant Publ., 2015. 59 p.
7. *Perechen' vidov zhivotnyh, rastenij i gribov, podlezhashhijh zaneseniju v Krasnuju knigu Tjumenskoj oblasti. Prilozhenie k postanovleniju Pravitel'stva Tjumenskoj oblasti «O perechne vidov, podlezhashhijh zaneseniju v Krasnuju knigu Tjumenskoj oblasti» v redakcii ot 29 nojabrja 2017 g. № 590-p* [The list of species of animals, plants and mushrooms registered in the Red Book of the Tyumen region. The annex to the Tyumen Government decision "On listing the endangered species of the Tyumen region" No. 590-p revised on November 29, 2017]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/906604509> (accessed: 11.09.2018).
8. *Krasnaja Kniga Rossijskoj Federacii (zhivotnye)* [The Red Book of the Russian Federation (animals)]. Moscow, AST Astrel' Publ., 2001. 863 p.
9. Bolotova N. L., Zujanova O. V., Dumnich N. V. Vlijanie gidromehanizirovannyh rabot na vodnye jekosistemy Vologodskoj oblasti [Impact of hydraulicking on aquatic ecosystems of the Volgograd region]. *Nauchnoe obespechenie ohrany okruzhajushhej sredy i racional'nogo ispol'zovanija prirodnyh resursov: materialy nauchno-prakticheskoi konferencii*. Vologda, 1997. Pp. 22-27.
10. Lothian A. J., Newton M., Barry J., Walters M., Miller R. C., Adams C. E. Migration pathways, speed and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in a Scottish river and the near-shore coastal marine environment. *Ecology of Freshwater Fish*, 2018, no. 27, pp. 549-558.
11. Weilgart L. *The impact of ocean noise pollution on fish and invertebrates. Report for OceanCare, Switzerland*. Available at: https://www.oceancare.org/wp-content/uploads/2017/10/OceanNoise_FishInvertebrates_May2018.pdf (accessed: 11.09.2018).
12. *A resource guide for local councils: erosion and sediment control. Department of Environment and Conservation (DEC) by GEMS Pty Ltd*. Available at: <https://www.environment.nsw.gov.au/resources/stormwater/erosionsediment0642.pdf> (accessed: 11.09.2018).
13. Houdet J., Muloopa H., Ochieng C., Kutegeka S., Nakangu B. *Cost Benefit Analysis of the Mining Sector in Karamoja, Uganda*. Available at: <http://www.synergiz.fr/wp-content/uploads/2014/05/CBA-Karamoja-Mining-Final-IUCN-ISS-Irishaid-Synergiz.pdf> (accessed: 11.09.2018).
14. Page M. *Impacts of Sediment plume on fish, eggs and larvae*. Available at: <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/proposal/EEZ000006/Hearings/EEZ000006-21-05-Michael-Page-Impacts-on-Fish-summary-CRP.pdf> (accessed: 11.09.2018).
15. *Biological effects of sediment on bull trout and their habitat*. Available at: <https://www.fws.gov/wafwo/Documents/EffectsofAction/Effects%20of%20Turbidity%20and%20Suspended%20Sediments.pdf> (accessed: 11.09.2018).
16. Shkodin N. V. Vlijanie dnouglubitel'nyh rabot na fiziologo-biohimicheskie pokazateli gidrobiontov i kormovuju bazu rybohozjajstvennyh vodoemov [Impact of dredging on physiological and biochemical characteristics of hydrobionts and nutrition base of fishing areas]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 2005, no. 3 (26), pp. 228-232.
17. Moreva O. A., Tarbeev M. L., Darsija N. A., Loginov V. V., Krivdina T. V. Vlijanie gidromehanizirovannyh rabot na zhiznedejatel'nost' gidrobiontov pri dnouglublennii i dobychi peska na vodoemah Nizhegorodskoj oblasti [Impact of hydraulicking on aquatic organisms in the process of dredging and sand extracting in water bodies of Nizhny Novgorod region]. *Nauka i mir*, 2015, vol. 3, no. 4 (20), pp. 60-64.
18. Swinkels L. H., Van de Ven M. W. P. M., Stassen M. J. M., Van der Velde G., Lenders H. J. R., Smolders A. J. P. Suspended sediment causes annual acute fish mortality in the Pilcomayo River (Bolivia). *Hydrological Processes*, 2012, no. 28 (1), pp. 8-15. DOI: 10.1002/hyp.9522.
19. Fernandes M. N., Barrionuevo W. R., Rantin F. T. Effects of thermal stress on respiratory responses to hypoxia of a South American Prochilodontid fish, *Prochilodus scrofa*. *Journal of Fish Biology*, 1995, no. 46, pp. 123-133. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1995.tb05951.x.
20. Altenritter M. E. L., Wieten A. C., Ruetz C. R., Smith K. M. Seasonal spatial distribution of juvenile lake sturgeon in Muskegon Lake, Michigan, USA. *Ecology of Freshwater Fish*, 2013, no. 22 (3), pp. 467-478. DOI: 10.1111/eff.12040.
21. Rabazanov N. I. Rezorbicija ikry kak bioindikator sostojanija populjacij ryb i sredy ih obitanija [Resorption of roe as a bioindicator of state of fish populations and their habitat]. *Estestvennye i tehnikeskie nauki*, 2009, no. 4 (42), pp. 92-94.

22. Cema N. I., Samarskaja E. A., Rudnickaja O. A. Osobennosti fiziologicheskoy reakcii nerestovoy chasti populjacji bychka-krugljaka *Neogobius melanostomus* v Taganrogskom zalive v uslovijah zamornyh javlenij [Characteristics of physiological reaction of spawning part of round goby *Neogobius melanostomus* in the Taganrog Bay in conditions of fish kill]. *Morskie biologicheskie issledovanija: dostizhenija i perspektivy: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, priurochennoj k 145-letiju Sevastopol'skoj biologicheskoy stancii (Sevastopol', 19–24 sentjabrja 2016 g.): v 3 t.* Sevastopol', JeKOSI-Gidrofizika Publ., 2016. Vol. 1. Pp. 331-334.
23. Mikrjakov V. R., Mikrjakov D. V., Silkina N. I. Vlijanie rezorpcii ikry na immunofiziologicheskoe sostojanie ryb [Influence of roe resorption on immune-physiological condition of fish]. *Rossijskij immunologicheskij zhurnal*, 2015, vol. 9 (18), no. 1-1, pp. 139-141.
24. Mori T., Kato Y., Takagi T., Onoda Y., Kayaba Y. Turbid water induces refuge behaviour of a commercially important ayu: A field experiment for interstream movement using multiple artificial streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 2018, no. 00, pp. 1-8.
25. Mous P. J., Van Densen W. L., Machiels M. A. Vertical distribution patterns of zooplanktivorous fish in a shallow, eutrophic lake, mediated by water transparency. *Ecology of Freshwater Fish*, 2004, no. 13, pp. 61-69. DOI: 10.1111/j.0906-6691.2004.00042.x.
26. Gray S. M., Sabbah S., Hawryshyn C. W. Experimentally increased turbidity causes behavioural shifts in Lake Malawi cichlids. *Ecology of Freshwater Fish*, 2011, no. 20, pp. 529-536. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2011.00501.x.
27. Bunt C. M., Van Poorten B. T., Wong L. Denil fishway utilization patterns and passage of several warmwater species relative to seasonal, thermal and hydraulic dynamics. *Ecology of Freshwater Fish*, 2001, no. 10, pp. 212-219. DOI: 10.1034/j.1600-0633.2001.100403.x.
28. Rakowitz G., Berger B., Kubecka J., Keckeis H. Functional role of environmental stimuli for the spawning migration in Danube nase *Chondrostoma nasus* (L.). *Ecology of Freshwater Fish*, 2008, no. 17, pp. 502-514. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2008.00302.x.
29. Tsuda Y., Kawabe R., Tanaka H., Mitsunaga Y., Hiraishi T., Yamamoto K., Nashimoto K. Monitoring the spawning behaviour of chum salmon with an acceleration data logger. *Ecology of Freshwater Fish*, 2006, no. 15, pp. 264-274. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2006.00147.x.
30. Hazelton P. D., Grossman G. D. Turbidity, velocity and interspecific interactions affect foraging behaviour of rosyside dace (*Clinostomus funduloides*) and yellowfin shiners (*Notropis lutippinis*). *Ecology of Freshwater Fish*, 2009, no. 18, pp. 427-436. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2009.00359.x.
31. Jepsen N., Beck S., Skov C., Koed A. Behavior of pike (*Esox lucius* L.) > 50 cm in a turbid reservoir and in a clearwater lake. *Ecology of Freshwater Fish*, 2001, no. 10, pp. 26-34. DOI: 10.1034/j.1600-0633.2001.100104.x.
32. Van Landeghem M. M., Carey M. P., Wahl D. H. Turbidity-induced changes in emergent effects of multiple predators with different foraging strategies. *Ecology of Freshwater Fish*, 2011, no. 20, pp. 279-286. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2011.00494.x.
33. Jönsson M., Ranåker L., Anders Nilsson P., Brönmark C. Prey-type-dependent foraging of young-of-the-year fish in turbid and humic environments. *Ecology of Freshwater Fish*, 2012, no. 21, pp. 461-468. DOI: 10.1111/j.1600-0633.2012.00565.x.

The article submitted to the editors 09.10.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Aldokhin Andrey Stepanovich – Russia, 626152, Tobolsk; Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences; Laboratory Assistant of the Group of Ecology of Aquatic Organisms; ChemaginAA@yandex.ru.

Chemagin Andrey Aleksandrovich – Russia, 626152, Tobolsk; Tobolsk Complex Scientific Station of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences; Candidate of Biology; Senior Researcher of the Group of Ecology of Aquatic Organisms; ChemaginAA@yandex.ru.

