

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОЙ ЕМКОСТИ ПРУДА-ОТСТОЙНИКА НА ПРИМЕРЕ ЕЛЬЧЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2011 А.В. Павлюк<sup>1</sup>, А.П. Сергеев<sup>1</sup>, А.Г. Буевич<sup>1</sup>, А.В. Шичкин<sup>1</sup>,  
Н.А. Подкорытов<sup>2</sup>, А.Н. Бухаров<sup>2</sup>, И.В. Заузолков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> ООО «НПК Экология», г. Екатеринбург

Поступила в редакцию 03.10.2011

В работе представлены экспериментальные результаты скрининга глубины светлой части и мощности донных отложений Ельчевского водохранилища, расположенного в Свердловской области. Целью работы было определение степени заполнения водоема донными отложениями, образовавшимися в результате деятельности Дегтярского рудника, его эффективной емкости. Построена модель водоема по результатам измерений в 233 точках равномерно расположенных по площади зеркала пруда. Предложена концепция разделения общего объема водоема на условные части, исходя из степени заполнения и геологических условий, и рассмотрения этих частей отдельно с точки зрения безопасности. Рассмотрены возможные сценарии неблагоприятного воздействия на окружающую природную среду. Предложен наиболее безопасный способ очистки водоема.

Ключевые слова: водохранилище, пруд-осветлитель, безопасная эксплуатация, эффективная емкость, донные отложения, очистка водоема

Использование искусственных отстойников в горной промышленности для осветления шахтных вод и последующего их возвращения в хозяйственный оборот является общепринятой практикой, которая также является наиболее экономически обоснованной. Существует множество способов обустройства подобных прудов. Зачастую роль отстойников играют водоемы, расположенные в естественных понижениях рельефа, которые формируются путем устройства плотин на существующих каскадах рек, являющихся в то же время источниками водоснабжения крупных городов. Рано или поздно встает вопрос о прекращении использования водоема в качестве отстойника в связи с очевидной угрозой его дальнейшей эксплуатации для окружающей среды и его очистке.

*Павлюк Александр Викторович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. E-mail: a@pavlyuk.net*

*Сергеев Александр Петрович, кандидат физико-математических наук, заведующий лабораторией физики и экологии*

*Буевич Александр Геннадьевич, инженер лаборатории физики и экологии*

*Шичкин Андрей Васильевич, инженер лаборатории физики и экологии*

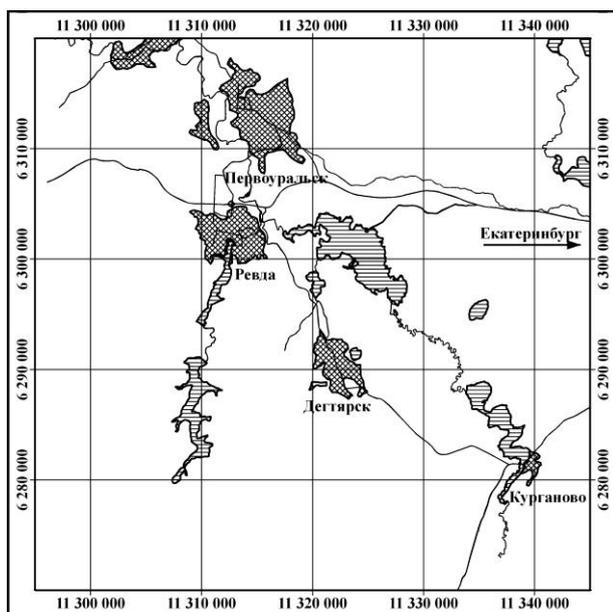
*Подкорытов Николай Александрович, генеральный директор*

*Бухаров Алексей Николаевич, кандидат химических наук, технический директор*

*Заузолков Иван Васильевич, кандидат технических наук, главный инженер*

Ельчевское водохранилище на р. Ельчевка в Свердловской области было спроектировано НИИ «Унипромедь» и построено в 1952 г., реконструировано по проекту того же института в 1972 г. (рис. 1). Полный проектный объем водохранилища 9,34 млн. м<sup>3</sup>, его свободная от осадков емкость в 1984 г. составляла 7,6 млн. м<sup>3</sup>. Створ плотины расположили в 9 км севернее центра г. Дегтярска. Водохранилище предназначалось для очистки от механических примесей, отстоя и осаждения гидратов нейтрализованных кислых дренажных вод Дегтярского рудника перед их сбросом в Волчихинское водохранилище, которое является самым крупным источником питьевого водоснабжения Свердловской области. Дегтярский рудник разрабатывал одноименное медноколчеданное месторождение с 1914 по 1995 гг. Добыча медной руды проводилась комплексно, как открытыми, так и подземными горными выработками. В настоящее время горные выработки являются искусственными дренами, которые понижают уровень и отводят воду в массиве пород, слагающих нагорную часть месторождения. Другими словами, горные выработки выполняют на месторождении функцию ливневой канализации. Дренажные воды, как и в период работы Дегтярского рудника, имеют низкое значение pH (в среднем около 2,5), сухой остаток – 10-15

г/л, высокие содержания железа (500-2000 г/л), меди (5-15 г/л), цинка (30-50 г/л) и марганца (25-40 г/л).

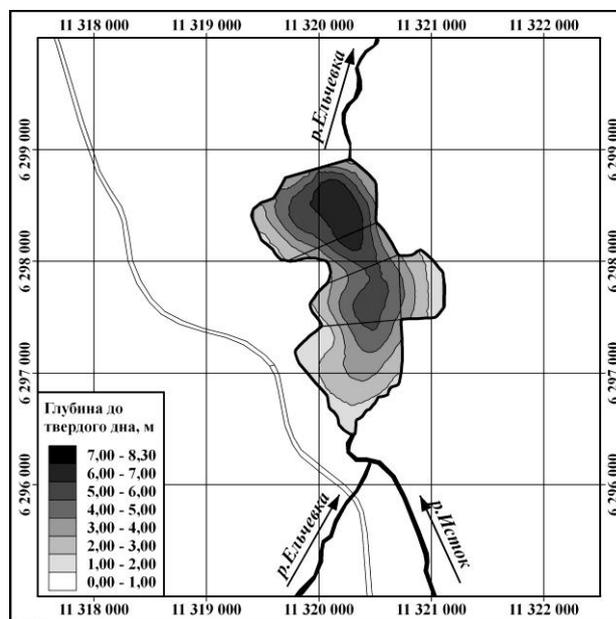


**Рис. 1.** Ситуационный план расположения Ельчевского пруда (Google Earth, 2010 г.)

Русловая сеть водосбора Ельчевского водохранилища представлена тремя реками: Ельчевка, Дегтярка и Исток. Реки Дегтярка и Исток принимают кислые дренажные воды Дегтярского рудника. Далее ниже по течению на станции нейтрализации, принадлежащей НПК «Экология», в р. Дегтярка и Исток добавляется известковый раствор для нейтрализации дренажных вод Дегтярского рудника. После станции нейтрализации р. Дегтярка впадает в р. Исток, в свою очередь р. Исток впадает в р. Ельчевка недалеко от ее устья. После очистки вода из Ельчевского водохранилища сбрасывается в Волчихинское водохранилище – основной источник питьевого водоснабжения г.Екатеринбурга. В настоящей работе проведено изучение текущего состояния и дальнейшей способности Ельчевского водохранилища как пруда-отстойника в качестве безопасного накопителя донных отложений, образующихся в результате нейтрализации кислых дренажных вод Дегтярского рудника.

**Проведение исследований.** На первом этапе было проведено уточнение современной границы Ельчевского водохранилища с использованием космоснимков и выявлено явное увеличение площади акватории водохранилища по сравнению с площадью акватории, показанной на топопланшете съемки 1955 г. (первичная съемка). Для плановых передвижений по водоему на топооснове масштаба 1:25000 была разбита сеть опорных точек в

основном с шагом 100 м и в географической базе данных создана таблица координат узлов сети опорных точек. Эти координаты были занесены в GPS-навигатор повышенной точности, при помощи которого осуществлялось позиционирование на местности для последующего замера глубин водохранилища и отбора проб донных отложений и твердого дна в узлах сети опорных точек. Передвижение по Ельчевскому водохранилищу осуществлялось по воде и по установившемуся ледяному покрову. Для определения мощности донных отложений и эффективной емкости Ельчевского водохранилища в узлах сети опорных точек были проведены измерения двух видов глубин: глубина светлой части и глубина до твердого дна. В качестве методики для измерения глубин были выбрана официальная СП 11-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства», использование которой позволяет оценить глубину с погрешностью до 0,1 м. Измерения осуществлялись с помощью наметки, представляющей собой пластиковый шест с нанесенными дециметровыми делениями, и контролировались при помощи эхолота. После измерения глубин светлой части и мощности донных отложений в очередном узле сети опорных точек, отбирались пробы донных отложений и твердого дна.



**Рис. 2.** Карта-схема глубин до твердого дна Ельчевского водохранилища

**Обработка результатов.** Визуализация и первичная обработка полученных пространственных данных осуществлялась в программе ArcGIS. Интерполяции выполнялись в методе ординарного кригинга без вариограмного анализа. Построение сечений и профилей, а также

вычисление длин, площадей и объемов также выполнялись в ArcGIS. На рисунках 2, 3 и 4 приведены результаты интерполяций в виде карт изолиний и трехмерных моделей для различных показателей измеренных и/или вычисленных по данным полевых исследований.

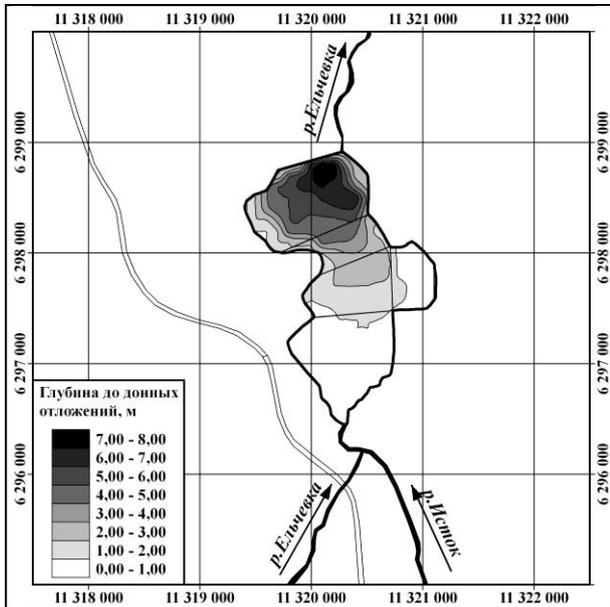


Рис. 3. Карта-схема глубин светлой части Ельчевского пруда-осветлителя

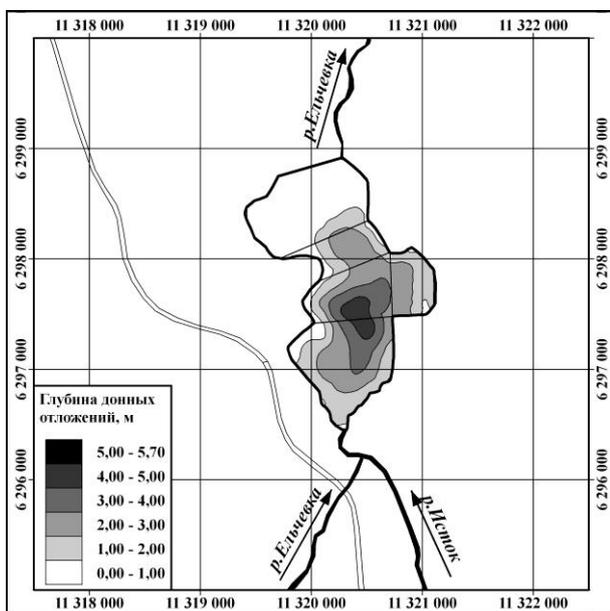


Рис. 4. Карта-схема глубин донных отложений Ельчевского пруда-осветлителя

**Результаты и обсуждение.** В ранних отчетах о состоянии Ельчевского водохранилища и его заполнения донными отложениями пруд-осветлитель рассматривался как единая система накопления неорганических осадков, и на основании этого предположения делался вывод о его эффективной емкости и прогноз о

сроке безопасной эксплуатации. Полученные в настоящей работе результаты выявили значительные различия в степени заполнения различных частей Ельчевского водохранилища донными отложениями. Этот установленный факт дал основание разделить акваторию водоема на 3 условные части: южную, среднюю и северную. Выбор условных частей осуществлялся исходя из степени заполнения и геологических условий. Анализ координатной зависимости мощности донных отложений в направлении с юга на север вдоль стремнины пруда позволил провести границы между этими тремя частями (рис. 2-4). На приведенных рисунках данные условные части водоема хорошо различимы. Граница между южной и средней частями водоема проведена на основании количественного анализа заполнения пруда донными отложениями. Эта граница совпала с естественным сужением зеркала пруда. Особенно отчетливо проявилась граница между средней и северной частями. На этой границе в среднем заполнение пруда донными отложениями составляет 0,5 (отношение объема донных отложений к полному объему водоема). Кроме того, эта граница также совпала с естественным сужением зеркала пруда. Затем были вычислены объемы Ельчевского пруда, светлой части и донных отложений по всем условным частям. Объемы для средней и южной частей приведены суммарно, как наиболее заполненных донными отложениями (табл. 1).

**Выводы и заключение.** Учитывая, что пруд построен в 1952 г., можно сделать вывод, что распределение донных отложений по акватории Ельчевского водохранилища происходит крайне неравномерно. За 59 лет эксплуатации Ельчевского водохранилища в качестве пруда-отстойника донные отложения практически отсутствуют в северной части пруда, в то время как его южная часть практически полностью заполнена. Возможны два условно-естественных сценария развития гидрогеологической ситуации на Ельчевском водохранилище при условии его дальнейшего использования в качестве пруда-отстойника и продолжения сброса нейтрализованных дренажных вод Дегтярского рудника в реки, впадающие в Ельчевское водохранилище.

**Сценарий 1. Разлив водоема.** Как видно из рис. 2, значительное увеличение площади водоема произошло в основном именно в районе средней и южной камеры и можно предположить, что и дальше донные отложения будут оседать в этой части пруда, что приведет к еще большему заболачиванию именно этой пониженной части пруда. Также вероятно, учитывая особенности рельефа, что затопление будет происходить с восточной стороны

(Восточный затон) в направлении Волчихинского водохранилища и с юго-западной стороны (Юго-западный затон) в сторону жилого поселка Бережок с западной. Северная условная часть, очевидно и дальше функцию отстойника выполнять не будет. Пруд в средней и, особенно, южной части переполнен донными отложениями. Большая часть акватории имеет глубину светлой части менее 0,5 м, (кстати, это является нарушением условий эксплуатации водоема согласно паспортным данным). Необходимо как можно скорее начать мероприятия по очистке этой части Ельчевского пруда-отстойника от донных отложений для предотвращения попадания загрязненной воды в Волчихинское водохранилище и затопления новых участков леса и поселка Бережок, а также для

предотвращения возможного обнажения верхних слоев отложений.

**Сценарий 2. Обнажение.** Обнажение верхних слоев донных отложений обычно приводит к естественному концентрированию содержащихся в отложениях загрязняющих веществ в верхних слоях (за счет естественного обезвоживания). Учитывая, что донные отложения содержат большое количество мелкодисперсных фракций загрязняющих веществ в последствии наиболее вероятен ветровой разнос отходов по окрестностям.

Реализация любого из рассмотренных сценариев приведет к серьезным экологическим последствиям. Вероятность реализации того или иного сценария в дальнейшем будет зависеть от погодных условий, в частности, от количества выпадающих осадков.

Таблица 1. Сводная таблица результатов

Объект	Макс. длина, км	Макс. ширина, км	Макс. глубина, м	Площадь, млн.м <sup>2</sup>	Полный объем, млн.м <sup>3</sup>	Объем светлой части, млн.м <sup>3</sup>	Объем донных отложений, млн.м <sup>3</sup>	Коэффициент заполнения
средняя и южная условные части	-	-	-	-	5,16	1,3	3,86	0,75
северная условная часть	-	-	-	-	3,87	3,33	0,54	0,14
весь пруд	2,6	1,1	8	2,02	9,03	4,63	4,4	-

В работе рассматривалась возможность безопасной очистки водохранилища. Выяснено, что выполнение данной процедуры сопряжено с рядом трудностей и ограничений, а именно:

- отсутствие свободных площадей для карт намыва;
- недопустимость взмучивания грунта в зонах городского водозабора;
- малое количество свободной воды в водоеме и сильное обмеление;
- сильная захламленность дна посторонними предметами (пни, бревна и т.п.);
- большая дальность транспортировки донных осадков до мест переработки;
- большая мощность донных отложений и сильная неравномерность их распределения по площади акватории.
- необходимость выполнения работ по очистке в сжатые сроки.

Учитывая вышеперечисленное, наиболее экологичным, эффективным и совершенным на сегодняшний день является гидромеханизированный способ добычи с использованием пневматических камерных насосов, который позволяет решить все эти проблемы с наименьшими затратами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. СП-104-97 «Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть III. «Инженерно-гидрографические работы при инженерных изысканиях для строительства» / Госстрой России. – М.: ФГУП «ПНИИИС» Госстроя России, 2004.
2. *Бортникова, С.Б.* Техногенные озера: формирование, развитие и влияние на окружающую среду / *С.Б. Бортникова, О.Л. Гаськова, А.А. Айриянц.* – Новосибирск: Изд-во СО РАН филиал ГЕО, 2003. 120 с.
3. *Крайнов, С.Р.* Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии / *С.Р. Крайнов, Ю.В. Шваров, Д.В. Гричук.* – М.: Недра, 1988. 254 с.
4. *Castro, J.M.* Pit lakes: their characteristics and the potential for their remediation / *J.M. Castro, J.M. Moore* // *Environmental Geology*. 2000. V. 39, N 11. P. 1254-1260.
5. *Иванников, А.Д.* Геоинформатика / *А.Д. Иванников, В.П. Кулагин, А.Н. Тихонов, В.Я. Цветков.* – М.:МАКС Пресс, 2001. 349 с.
6. *Бугаевский, Л.М.* Геоинформационные системы: Учебное пособие для вузов / *Л.М. Бугаевский, В.Я. Цветков.* – М.: 2000. 222 с.
7. *Шекхар, Шаши.* Основы пространственных баз данных. Пер. с англ. / *Шаши Шекхар, Санжей Чаула.* – М.:КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. 336 с.

---

**EXPERIMENTAL ESTIMATION OF POND-SEDIMENT BOWL  
EFFECTIVE CAPACITY ON THE EXAMPLE OF  
ELCHEVSKY WATER BASIN**

© 2011 A.V. Pavlyuk<sup>1</sup>, A.P. Sergeev<sup>1</sup>, A.G. Buevich<sup>1</sup>, A.V. Shichkin<sup>1</sup>, N.A. Podkorytov<sup>2</sup>,  
A.N. Bukharov<sup>2</sup>, I.V. Zauzolkov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Industrial Ecology UrB RAS, Ekaterinburg

<sup>2</sup> LLC «NPK Ecology», Ekaterinburg

In work the experimental results of screening the depth of light part and capacity of bottom sediments of Elchevsky water basin located in Sverdlovsk oblast are presented. Definition of degree of reservoir filling by bottom sediments formed as a result of Degtyarsky mine activity, its effective capacity was the work purpose. The model of reservoir by results of measurements in 233 points in regular intervals located on the area of pond mirror was constructed. The concept of division the total amount of reservoir on conditional parts, proceeding from degree of filling both geological conditions, and consideration of these parts separately from the point of view of safety is offered. Possible scenarios of adverse effect on surrounding environment are considered. The most safe way of reservoir clearing is offered.

*Key words: water basin, pond-brightener, safe operation, effective capacity, bottom sediments, reservoir clearing*

---

*Alexander Pavlyuk, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow. E-mail: a@pavlyuk.net*

*Alexander Sergeev, Candidate of Physics and Mathematics, Chief of the Physics and Ecology Laboratory*

*Alexander Buevich, Engineer at the Physics and Ecology Laboratory*

*Andrey Shichkin, Engineer at the Physics and Ecology Laboratory*

*Nikolay Podkorytov, General Director*

*Aleksey Bukharov, Candidate of Chemistry, Technical Director*

*Ivan Zauzolkov, Candidate of Technical Sciences, Chief Engineer*