

Особенности гидрографии и водообмена восстанавливаемого Чермозского пруда

Т.П. Девяткова, Г.В. Морозова

В процессе развития природопользования создание природно-антропогенных экосистем, функционирование которых требует для поддержания их устойчивого состояния постоянных затрат денежных, материальных и трудовых ресурсов, исторически неизбежно. Разрушение уже сложившихся экосистем нарушает их эколого-социальный баланс и вызывает серьезные экономические последствия.

Чермозский пруд, созданный в 1765 г. для обеспечения производственных нужд «железодельного» завода, за 191 год существования сформировался в экосистему, функционирование и развитие которой было обусловлено водным режимом – регулированием водного стока основного притока по р. Чермоз, сбросом воды через плотину и объемом водной массы. Это был крупнейший заводской пруд на Урале. Он обеспечивал завод энергией, а население – рыбой (его рыбопродуктивность была около 25 ц/га). По р. Чермоз сплавляли лес.

О Чермозском пруде заботились, поддерживалось его эксплуатационное состояние, а в 1905 г. он был спущен, что привело, очевидно, к промывке ложа и смыву накопленных отложений.

В 1956 г. при наполнении первой очереди Камского водохранилища плотина была взорвана, а пруд спущен и преобразован в его залив. Последнее крайне подорвало экосистему пруда: уровненный режим подвергся сильным колебаниям (сезонным, недельным, суточным). Колебания уровня – с амплитудой до 6-7 м за год и до 2-3 м в течение теплого сезона – имеют неблагоприятные последствия для существования и развития биоценоза в новой экосистеме залива.

При зимней сработке уровня воды на 7 м площадь залива сокращается более чем в десять раз, лед ложится на дно – все это способствует уничтожению кладок водоплавающей птицы. Рыбные запасы пруда уменьшились в десятки раз, многократно сократилось поголовье водоплавающей птицы.

После создания Камского водохранилища Чермозский рейд вел объемный молевой сплав древесины по р. Чермоз. Разрушались берега, захламлялись топляками и лесинами перекаты и омуты, плесы реки. Древесина скапливалась в устьях малых притоков, где обсыхала и задерживалась в прибрежной растительности. В результате все устья мелких речек и стариц по обоим берегам р. Чермоз и Чермозского залива оказались частично или полностью захламлены.

Затонувшая древесина является источником химического загрязнения водоема. Отслоившаяся от стволов кора при долгом контакте с водой начинает выделять дубильные вещества, крайне вредные для всех живых организмов. Рыба, например, в таком водоеме приобретает устойчивый фенольный запах.

Все вышеуказанные процессы происходят не только в Чермозском заливе, но и практически по всему водосбору р. Чермоз. Вдвое уменьшилась глубина зимовальных ям, ухудшилось качество природного химического состава вод, что особенно резко проявляется в зимнюю межень.

В настоящее время население и администрация г. Чермоза уже начали работы по восстановлению пруда. Проект уникален тем, что осуществляется в условиях действующего водохранилища. В отчлененном заливе (пруду) предполагается поддерживать

постоянный рабочий уровень на отметке не ниже 107,5 м в течение года, что исключает сильные колебания уровня и обсыхание нерестилищ.

Нарушенных, преобразованных или попросту уничтоженных экосистем, подобных Чермозскому пруду, в избытке не только на Камском, но и на многих других водохранилищах страны. Не используется огромный потенциал малых водотоков, который, возможно, мог бы «перекрыть» негативное воздействие больших водохранилищ и снизить затраты на их содержание. Поэтому изучение подобных малых экосистем на современном этапе актуально и необходимо.

Восстановление экосистемы пруда будет иметь важное значение как для города, так и для всего Прикамья: усилится общественная роль г. Чермоза как исторического центра, появится возможность использовать богатые сельскохозяйственные и лесные угодья, торфяники правобережья, восстановить рыбные запасы и охотничий потенциал пруда. При надлежащей организации возрожденная экосистема может стать региональной зоной отдыха и туризма.

Восстановление плотины планируется в створе ранее существовавшего гидротехнического сооружения у г. Чермоза. Проектная отметка гребня плотины составляет 107,5 м. На этой отметке уровень воды будет держаться в зимний период. При заполнении Камского водохранилища до нормального подпорного уровня (НПУ) 108,5 м уровень воды в пруду поднимется и достигнет также 108,5 м, как и в заливе без плотины (современный этап существования водоема).

Для определения морфометрических характеристик восстанавливаемого пруда был выполнен комплекс инженерно-гидрографических работ. Съёмка глубин на акватории будущего пруда выполнена в августе 2002 г. специализированной гидрографической партией государственного учреждения «Камводпуть». Промеры проводились по поперечникам через 250-300 м с привязкой к карте М: 1:10000 со специально оборудованного судна методом эхолотирования.

По результатам промеров на основе программы Arc View GIS v.3.2a сотрудником ГИС-центра ПГУ С.В. Пьянковым и студентом кафедры гидрологии М. Дьяковым создана цифровая модель рельефа дна Чермозского пруда, построена цифровая карта пруда М: 1:10000 и рассчитаны основные морфометрические характеристики поверхности и объема (таблица).

Морфометрические характеристики Чермозского пруда

Показатель	Отметка 108,5 м	Отметка 107,5 м
Средняя глубина	3,32 м	3,01 м
Максимальная глубина	10,7 м	9,7 м
Максимальная ширина	3,166 км	2,8 км
Средняя ширина	2,23 км	2,101 км
Площадь пруда	24,651 км ²	20,02 км ²
Длина пруда	11,04 км	9,53 км
Длина береговой линии,	50,03 км	23,91 км
в том числе по правому берегу	24,31 км	11,34 км
по левому берегу	25,72 км	12,57 км
Объем пруда	0,0819 км ²	0,0602 км ²

Площадь Чермозского пруда при НПУ 108,5 м равна 2465 га, объем – 81,9 млн. м³, длина – 11 км, средняя ширина – 2,23, а максимальная чуть более 3 км. Водоем мелководен – средняя глубина составляет 3,32 м, площадь мелководий (до 2-метровой изобаты) составляет 32,5 % (800 га) от всей площади пруда.

Длина береговой линии, включая заливы по впадающим притокам, превышает 50 км.

При отметке 107,5 (НПГ пруда по проекту) площадь составляет 2002 га, объем – 60,2 млн. м³, длина, ширина и глубина соответственно 9,53 км, 2,10 км и 3 м.

Площадь мелководий, которую принято ограничивать двухметровой изобатой, при 107,5 м составляет 649 га. Однако, поскольку в течение большей части вегетационного периода отметки уровня воды в пруду не опускаются ниже 108,5 м, целесообразно площадь мелководий определять соответственно этой отметке – 800 га.

Чермозский пруд вытянут с юго-востока на северо-запад. Гидрографическая сеть наиболее развита в левобережье, крупные левые притоки – реки Шичатка, Фоминка, Незнакомка, Сыскинская, Галехинская и Панишорка. Правобережье пруда сильно заболочено, притоков мало, многие пересохли, наиболее крупный – р. Напарья.

Уровенный режим описываемого водоема зависит от притока вод р. Чермоз, оказывающего наибольшее воздействие в периоды зимней межени и прохождения весеннего половодья и подпора вод Камским водохранилищем, играющим основную роль в денивиляции уровней Чермозского залива всю оставшуюся (большую) часть года.

Волна весеннего половодья проходит на малых и средних водотоках раньше, чем начинается интенсивный подъем уровней воды в водохранилище. Следовательно, от устья р. Чермоз до горловины залива создается некоторый уклон водной поверхности, определяющий хорошую проточность водоема в этот период. При достижении в водохранилище и заливе НПУ слабый уклон водной поверхности может сохраняться. Поскольку на водосборе р. Чермоз уже начинается спад волны весеннего половодья, а водохранилище продолжает получать обильное питание вод, добегающих с дальних частей его водосбора, то в залив проникают воды Камского водохранилища, проточность на его акватории снижается и процессы перемешивания приобретают большое значение.

В отдельные годы в зависимости от преобладания того или иного типа уровенного режима характер и степень влияния водохранилища на внутриводоемные процессы и окружающую среду прилегающих территорий будут различны. Согласно типовому графику годовых изменений уровня наполнение водохранилища в районе г. Чермоз начинается в середине апреля. Максимальных значений (108,5 – 108,8) уровень достигает в конце мая – начале июня, после чего до наступления ледовых явлений колеблется в пределах 108,5 – 107,5 м, а затем во время зимней сработки понижается до отметки 100,5 м.

Однако амплитуды колебаний характерных уровней и дат их наступления весьма значительны: по уровням – до 2 м, по датам – до 4 месяцев. Поэтому для расчета водообмена пруда были выбраны реальные годы, характеризующие определенные типы уровенного режима.

Н.Б. Сорокиной и Ю.М. Матарзиным выделены 4 типа изменений уровня воды в течение навигационного периода, приводящие к определенным изменениям в динамике водных масс Камского водохранилища. Определяются они водностью года в нижнем бьефе Камской ГЭС.

I тип – наполнение чаши водоема заканчивается в конце мая – начале июня. В течение всего навигационного периода уровни близки к НПГ. Обеспеченность стояния уровней выше отметки 108,0 м в навигационный период составляет 77-94 %. Навигационная сработка до 0,5 м.

II тип – наполнение заканчивается в конце мая – начале июня, но немного раньше, чем указано для I типа. В течение июня – августа уровень близок к НПГ, понижение начинается в сентябре. Обеспеченность стояния уровней выше отметки 108,0 м – 60-76 %. Навигационная сработка от 0,5 до 1 м.

III тип – наполнение заканчивается преимущественно в конце мая, но раньше, чем при I и II типах. Близкие к НПП уровни держатся только в июне – июле. Со второй половины августа начинается навигационная сработка, достигающая к концу октября от 1 до 2 м. Обеспеченность стояния уровней воды выше отметки 108,0 м не превышает 59 %.

К III типу относится преимущественно режим уровней маловодных лет. Однако в результате увеличения сброса воды через плотину ГЭС возможно аналогичное изменение уровня и в многоводные годы.

IV тип – наполнение заканчивается в середине – конце мая. Уровни воды достигают НПП и держатся часть июня. С конца июня начинается медленная сработка водохранилища, достигающая в конце июля 2-3 м. Обеспеченность уровней воды выше отметки 108,0 м – 42 % и менее.

Для исследования водообменных процессов в проектируемом Чермоозском пруду разработана методика расчета с учетом объединения I и II типов, III и IV – в две группы.

1-я группа – I-й и II-й типы – характеризуется наполнением в конце мая – начале июня и очень небольшой сработкой к концу лета (обеспеченность уровней 108,0 м составляет 74-94 и 60-74 % соответственно).

Таким образом, к этой группе относятся годы с высокой и близкой к норме водностью, в том числе 1965 г., который и был принят для учета уровенного режима водохранилища при расчете водообмена в Чермоозском пруду.

2-я группа – III и IV типы – отличается окончанием наполнения к середине – концу мая, сработкой в течение лета на 1-3 м. Обеспеченность уровней 108,0 м составляет 40-60 %. Следовательно, к этой группе относятся маловодные годы, в том числе 1976 г., выбранный для оценки изменения уровня.

Методика расчета степени водообмена разработана с учетом изменения водности р. Чермооз и поэтому выполнена для трех вариантов:

1) сток по р. Чермооз 50 % обеспеченности и 1-я группа режима уровня воды на Камском водохранилище;

2) сток по р. Чермооз 1 % обеспеченности и 1-я группа режима уровней воды на водохранилище;

3) сток по р. Чермооз 99 % обеспеченности и 2-я группа режима уровня воды на водохранилище.

Расчет и оценка водообмена выполнены для двух периодов:

1-й – наполнение пруда до проектной отметки 107,5 м;

2-й – эксплуатация пруда после достижения проектной отметки. Этот период делится на 2 фазы;

1) уровень воды на водохранилище и в пруду превышает 107,5 м;

2) уровень в пруду постоянный – равный 107,5 м, а уровень воды в водохранилище ниже этой отметки.

Согласно общепринятому подходу к оценке водообмена искусственных водоемов коэффициент водообмена рассчитывается как отношение объема стока из водоема к объему его водной массы в любой календарный период (год, месяц, декаду):

$$K_{\sigma} = \frac{W_{cm}}{W_{\sigma m}} \quad (1)$$

где W_{cm} – объем стока,

$W_{\sigma m}$ – объем массы водоема.

Для водоемов относительно небольшой протяженности, питающихся преимущественно стоком одной реки, можно принять объем стока, равный объему притока ($W_{пр}$).

Этот способ был взят для расчета и оценки водообмена в период наполнения пруда, а также фаз его эксплуатации при постоянном объеме и сбросе в водохранилище при отметках ниже 107,5 м. В этом случае степень водообмена определяется динамикой течения, обусловленного транзитом объема притока речных вод (р. Чермоз).

При повышении уровня воды в водохранилище более 107,5 м поднимается уровень и в пруду. В этих условиях приращение объема водной массы пруда происходит как за счет притока воды по р. Чермоз, так и за счет притока вод Камского водохранилища. Для оценки степени водообмена в этом случае приняты три коэффициента:

1) коэффициент обновления K_0 :

$$K_0 = \frac{\Delta W}{W_{\text{вм}}} \quad (2)$$

где ΔW – увеличение объема пруда по сравнению с объемом при НПУ,
 $W_{\text{вм}}$ – объем водной массы при возросших отметках уровня в пруду;

2) доля камской воды в изменении объема пруда K_{nk1} :

$$K_{nk1} = \frac{W_{\text{к}}}{\Delta W} \quad (3)$$

где $W_{\text{к}}$ – объем притока камской воды;

3) доля камской воды в общем объеме водной массы пруда K_{nk2} при высоких уровнях:

$$K_{nk2} = \frac{W_{\text{к}}}{W_{\text{вм}}} \quad (4)$$

Объем притока со стороны водохранилища вычислялся как разность величин изменения объема и объема стока по р. Чермоз.

Расчеты коэффициентов водообмена выполнены за декады (с апреля по июль) и месяцы (с августа по март).

Результаты расчета водообмена характеризуют три варианта наполнения и эксплуатации Чермозского пруда в годы средней водности (I), многоводный (II) и маловодный (III).

I – заполнение пруда от отметки 101,0 м (конец марта) происходит за счет притока воды по р. Чермоз (обеспеченность 50 %). В течение первой и второй декад апреля происходит увеличение уровня до НПУ (107,5 м). С третьей декады апреля по вторую декаду мая вода сбрасывается в водохранилище, так как там в это время уровни воды ниже 107,5 м.

Коэффициенты водообмена очень высокие – до 0,96 во вторую декаду апреля, когда достигают значительных величин и приток, и сброс в водохранилище. В следующие первую и вторую декады мая K_0 понижается (до 0,23) в связи с уменьшением объема притока по р. Чермоз.

С третьей декады мая начинается период эксплуатации и первая его фаза – по декабрь включительно характеризуется поступлением воды из водохранилища в пруд при повышении уровня воды выше отметки 107,5 м.

Коэффициенты водообмена K_0 изменяются от 0,08 до 0,03.

Коэффициенты обновления K_0 довольно высоки – 0,29 – 0,26, уменьшаются только в декабре. Соответственно велика доля камской воды – от 0,62 до 0,90 K_{nk1} в увеличении объема пруда и K_{nk2} от 0,19 до 0,24 в общем объеме пруда (за исключением

декабря). С декабря по вторую декаду мая следующего года при постоянной отметке уровня в пруду отмечается вторая фаза периода эксплуатации. Коэффициенты водообмена K_v в этот период изменяются от 0,05 до 0,96 и целиком зависят от изменения объема притока по р. Чермоз.

С третьей декады мая снова начинается первая фаза.

II – заполнение пруда от отметки 101,0 м при притоке 1 % обеспеченности происходит в течение первой декады апреля, а во второй декаде апреля уровень достигает НПГ. Со второй декады апреля по вторую декаду мая вода интенсивно сбрасывается в водохранилище. В третьей декаде апреля объем сброса, равный объему притока, достигает максимума – $99,100 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ за декаду. Водообмен очень интенсивный – 1,64 – 0,40. С третьей декады мая по ноябрь (1-я фаза) уровни воды на водохранилище не опускаются ниже 107,5 м, а в течение летне-осеннего сезона – ниже 108,5 – 108,0 м, поэтому вода поступает из водохранилища в пруд.

Коэффициенты водообмена K_v выше в 2-3 раза по сравнению с годом средней водности и достигают в этот период 0,18.

III – заполнение пруда в условиях маловодья и неблагоприятного уровня режима водохранилища происходит до середины второй декады мая. Доля чермозских вод (K_v) в это время уменьшается от 0,80 до 0,17.

К концу второй декады уровень переходит отметку 107,5 м в сторону небольшого увеличения, однако даже небольшой объем притока по р. Чермоз в это время ($6,200 \cdot 10^3 \text{ м}^3$) больше, чем приращение объема водной массы ($1500 \cdot 10^3 \text{ м}^3$), поэтому во второй декаде мая вода из пруда поступает в водохранилище.

С третьей декады мая начинается 1-я фаза эксплуатации пруда, когда уровни воды в водохранилище превышают 107,5 м, но только в мае они выше 108,5 м, в первой декаде июня равны 108,5 м, а затем понижаются до 107,5 м в конце августа, когда указанная фаза сменяется следующей. Коэффициенты водообмена K_v крайне низки (0,05 – 0,01). Коэффициенты обновления K_0 составляют 0,26 – 0,28 в июне и 0,21 в июле. Однако доля камской воды значительно больше, чем в условиях средне- и многоводного года, K_{nk1} составляет 0,70 – 0,94, K_{nk2} – 0,08 – 0,25.

С сентября по вторую декаду мая отмечается 2-я фаза эксплуатации – поддержание уровня воды в пруду на постоянной отметке 107,5 м при величине сброса воды в водохранилище, зависящей от объема притока 99 % обеспеченности по р. Чермоз. В зимние месяцы водообмен очень низкий – 0,015 – 0,02, повышающийся только при поступлении весеннего стока по р. Чермоз, но не превышающий 0,44 в течение наиболее многоводной декады (третьей декады апреля).

Расчет показателей водообмена с учетом особенностей гидрографии пруда, притока по р. Чермоз и режима уровня вод Камского водохранилища позволяет сделать следующие выводы.

Степень водообмена в течение года в период эксплуатации пруда при достижении отметки 107,5 м неодинакова. Наилучший водообмен характерен для весеннего сезона (апрель – май), летом он понижается, зимой уменьшается еще больше.

В период превышения уровня воды в водохранилище отметки 107,5 м водообмен можно оценить как хороший – за счет смешения вод р. Чермоз и Камского водохранилища. Доля обновленных вод в общем объеме водной массы в этот период может составлять от 1/5 до 1/3.

При поддержании в Камском водохранилище уровней выше или в пределах НПГ (водохранилища) – 108,5 м период хорошего водообмена может продолжаться до наступления ледостава.

Наиболее высокая степень водообмена характерна для многоводных лет и близких по водности к норме, в течение маловодных лет водообмен значительно ухудшается.

Несмотря на ухудшение водообмена в маловодные годы, весной и летом он будет осуществляться за счет увеличения притока камских вод.

Внутри водоема степень водообмена будет изменяться. Наилучший водообмен будет в левой части пруда (с наибольшей глубиной), преимущественно в его нижней половине. В верхней половине и правой части пруда глубины при НПГ не превышают 2 м, на площади около 650 га следует ожидать более замедленного водообмена по сравнению с вычисленными значениями, характеризующими водообмен пруда в целом.

Создание плотины с отметкой порога 107,5 м не приведет к ухудшению водообменных процессов, а стабилизация уровня на постоянной отметке в течение длительного времени может их улучшить.