

**«ОБОСНОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ ПЕРИОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ВОДОХРАНИЛИЩ»**

Ярошевич И.Н., Подрезенко И.Н., Пигулевский П.И.

Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины

На сегодняшний день прогнозы экспертов звучат неутешительно. По их мнению, уже совсем скоро недостаток водных ресурсов и низкое качество воды станут одной из основных преград на пути экономического и социального развития. Так, прогнозируется, что к 2025-2030 гг. 2/3 населения мира будет испытывать дефицит воды, а спрос на воду превзойдет предложение на 40%. Проблемы доступа к воде и контроль над ее запасами неоднократно становились предметами конфликтов, особенно в засушливых регионах (например, на Ближнем Востоке). Учитывая рост населения планеты, численность которого, как ожидается, к 2050 году превысит 9 млрд. человек, и тот факт, что львиная доля этого роста приходится на страны Азии и Африки, неминуемо усиление так называемого водного стресса. Стремительная индустриализация развивающихся стран усиливает остроту этой проблемы. Вода – это стратегический ресурс, доступ к которому определяет качество жизни людей и она очень важна для устойчивого развития страны.

Таким образом, на сегодняшний день вода является важнейшим стратегическим сырьем, поэтому знание формирования запасов и распределения природных вод для питьевого и технического использования является основой национальной безопасности любой страны. Обеспечение водной безопасности остается актуальной проблемой для многих государств, в том числе и для Украины. Основные проблемы в этой области - загрязнение водных источников, устаревшие технологии водопользования в различных отраслях экономики, а также вопросы в сфере водоразделения на трансграничных реках. Оба вопроса очень важны. Проблема питьевой воды в мире становится в один ряд с вопросами энергетических ресурсов. Около 80 стран сегодня ощущают недостаток питьевой воды, запасы которой в мире с каждым годом уменьшаются. Поэтому вопросы рационального использования питьевой воды, бережного отношения к ней, становятся важной экономической, политической и экологической задачей.

Несмотря на уже многолетнюю историю создания водохранилищ, их водный режим, баланс и воздействие на окружающую среду изучены все еще недостаточно. Об этом свидетельствуют просчеты, допускаемые при их проектировании и строительстве, нередко приводящие к ухудшению экологической обстановки на прилегающих территориях и экологических показателей самой водной среды.

Коренная перестройка естественного гидрологического цикла в речном бассейне в результате создания крупных водохранилищ, по своим размерам часто не уступающим крупнейшим озерам страны, приводит к формированию совершенно новых природно-техногенных систем: речной бассейн — водохранилище, изучение которых представляет большой научный интерес и имеет важное практическое значение для решения проблемы рационального использования и охраны водных ресурсов.

Согласно существующим представлениям, подземные компоненты водного баланса водоемов подразделяют на подземные приток и отток и компонент, характеризующий изменение запасов подземных вод в грунтах берегов за расчетный интервал времени.[1] Соответственно, первый компонент входит в приходную часть уравнения водного баланса, второй — в расходную, а третий относится к аккумуляционным составляющим. Следует отметить, что во многих публикациях данные об этих компонентах приведены без указания конкретных временных интервалов, за которые они получены. Это является безусловным недостатком, так как в разные годы подземный водообмен может иметь разные знаки из-за изменения урвненного режима водоема. Для большинства озер, имеющих достаточно стабильное положение уровня на протяжении длительного промежутка времени, режим подземных вод в береговой зоне мало меняется от года к году. Совершенно иное положение с водохранилищами. Рассмотрим более подробно вопросы формирования режима грунтовых вод в районе водохранилища. При создании водохранилища на реке или канале на прилегающих к нему территориях условия движения подземных вод по сравнению с естественными

изменяются. Под влиянием подъема горизонта воды при создании водохранилища естественный поток подземных вод изменяет свое направление, форму свободной поверхности, расход, глубину и скорость.[2] Кроме того вблизи водохранилища и плотины появляются новые фильтрационные течения. Согласно существующим представлениям, во время наполнения водохранилища в берегах реки и под ее дном возникает область фильтрации из верхнего бьефа в нижний. При заполнении водохранилища и длительное время после этого область фильтрации из водохранилища изменяется: по мере заполнения водохранилища площадь ее увеличивается и спустя некоторый промежуток времени после заполнения достигает максимальных размеров. Эта область, охватывает зону фильтрации из водохранилища в нижний бьеф через тело и основание плотины — A_1 и зону фильтрации из водохранилища в нижний бьеф через оба берега речной долины — A_2 (обходная фильтрация) (рис. 1).

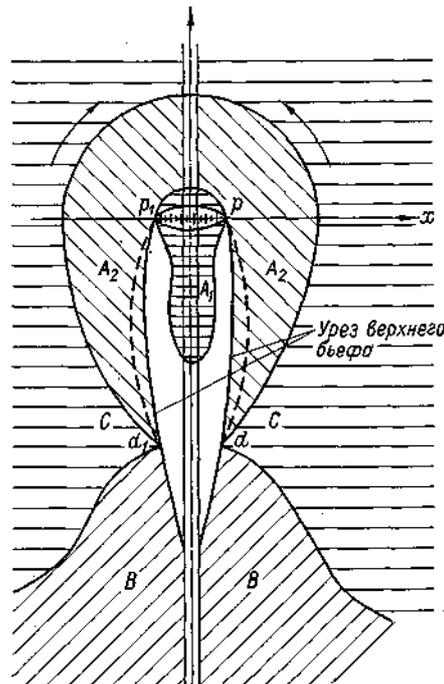


Рисунок 1. Зоны фильтрации вблизи водохранилища [3]

Граница между этими зонами проходит по линиям dp и d_1p_1 . Естественный грунтовый поток отжимается фильтрационными течениями из водохранилища в сторону нижнего бьефа. Его можно разделить на две зоны — B и C , в которых течение грунтовых вод зависит от характера их связи с рекой и их расхода вдоль речной долины. После устройства и заполнения водохранилища движение грунтовых вод вблизи него длительное время имеет неустановившийся характер. В это время зоны A_1 и A_2 и зоны естественного потока B и C непрерывно изменяют свое положение и размеры. Зона A_1 в период заполнения водохранилища увеличивается до тех пор, пока под дном водохранилища не стабилизируется течение грунтовых вод, которое является напорным и подчиняется закономерностям упругого режима фильтрации. Зона A_2 при заполнении водохранилища также непрерывно увеличивается, однако напор и скорости фильтрации в этой зоне меньше по сравнению с зоной A_1 так как здесь имеет место безнапорный режим фильтрации. Граница между зонами B и C в период заполнения водохранилища удаляется от плотины. При сезонной сработке и последующем наполнении водохранилища общая зона фильтрации и положение граничной линии изменяются: при сработке зона фильтрации уменьшается, при наполнении увеличивается. Таким образом, при заполнении водохранилища под влиянием увеличивающегося напора в реке уровень грунтовых вод поднимается и относительно сухие грунты зоны аэрации насыщаются водой. Вследствие этого в районе водохранилища образуется окаймляющая его область подпора грунтовых вод и водонасыщения сухих грунтов, захватывающая зону береговой фильтрации A_2 и зоны естественного грунтового потока B и C . Зона подпора и водонасыщения представляет собой своего рода подземное водохранилище, окружающее со всех сторон наземное. Характер водообмена между подземным и наземным водохранилищами и будет определять роль подземных компонентов в

водном балансе последнего. При заполнении водохранилища область подпора грунтовых вод распространяется в' пласте весьма быстро и доходит до внешних границ грунтового потока. Однако ощутимый подъем уровня подземных вод наблюдается не во всей области распространения подпора, а лишь в ее части, прилегающей к водохранилищу. Вопрос о предельной границе распространения подпора весьма важен, так как этот показатель широко используют при расчетах характеристик водообмена грунтовых вод в береговой зоне водохранилища. По данному вопросу имеются различные точки зрения. Некоторые авторы предлагают считать предельной границей распространения подпора подземных вод от водохранилища линию, где подпор в условиях установившегося движения равен половине размаха естественных колебаний уровня грунтовых вод.[3] В практике проектирования водохранилищ зону подтопления ограничивают линией, где уровни грунтовых вод залегают на глубине 1 м и менее от поверхности.[4] Г. А. Разумов в качестве границы зоны влияния водохранилища на режим подземных вод принимает условную линию, где подъем уровня подземных вод за счет влияния водохранилища составляет не менее 0,5 м.[5] Для разных водохранилищ ширина области подпора и водонасыщения различна и может изменяться от нескольких метров до десятков километров.

Уменьшение подземного питания реки и увеличение фильтрации из нее при устройстве водохранилища в сумме составляют потери на фильтрацию. В первые годы работы водохранилища эти потери могут быть более 50 % годового стока, особенно при создании водохранилищ на малых реках.

С точки зрения воднобалансовых расчетов, важно знать, какие виды фильтрационных потерь формируются в течение всего времени существования водохранилища. Ответ на этот вопрос дает график, приведенный на рис. 2. В период заполнения водохранилища потери формируются за счет расхода воды на насыщение дна (W_d), берегов водохранилища (W_b) и вследствие уменьшения его питания естественным грунтовым потоком (W_n). После окончания заполнения водохранилища суммарные потери на фильтрацию в течение длительного промежутка времени уменьшаются. Сначала они формируются в основном за счет расхода воды на насыщение берегов (W_b) и расхода, теряемого вследствие уменьшения грунтового питания водохранилища (W_o). С течением времени все большее значение начинают приобретать потери на фильтрацию в теле и основании плотины и в обход ее ($W_{об}$), а также в соседние речные долины (W_n). После стабилизации движения фильтрационных и грунтовых вод суммарные потери формируются за счет уменьшения грунтового питания (W_n) и расходов воды на фильтрацию в нижний бьеф (W_o) и в соседние речные долины ($W_{об}$).

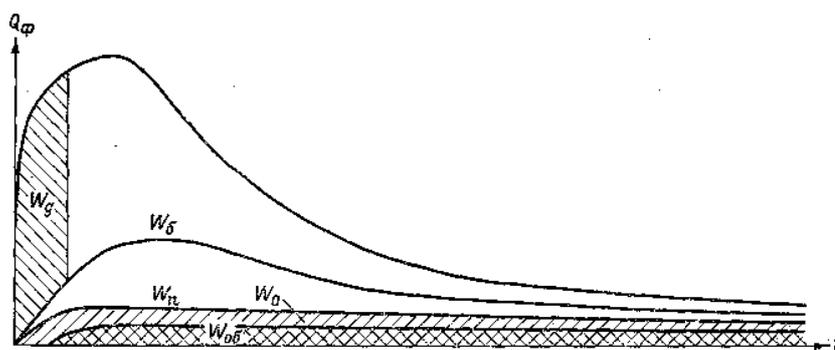


Рисунок 2. Кривые, характеризующие изменение различных видов фильтрационных потерь из водохранилища во времени [6]

Помимо указанных выше потерь при определенных гидрометеорологических и гидрогеологических условиях могут иметь место расходы фильтрационных вод, связанные с увеличением испарения грунтовых вод при их близком залегании к поверхности или с увеличением глубинного стока подземных вод через ложе пласта, обусловленного повышением гидродинамических напоров.

В связи с изложенным очевидно, что элементы подземного водообмена водохранилищ надо рассчитывать с учетом той или иной стадии развития процесса взаимодействия потока фильтрующихся из водохранилища вод с грунтовым потоком, формирующимся в его бассейне. Предложено в соответствии с изложенной схемой: при выполнении воднобалансовых расчетов

различать три периода, в течение которых режим подземных вод в районе водохранилища имеет характерные особенности: 1) период заполнения водохранилища, когда происходит интенсивная фильтрация в дно и берега водохранилища; 2) период начала эксплуатации водохранилища, в течение которого стабилизируется движение фильтрационных и грунтовых вод и 3) период эксплуатации водохранилища в условиях установившегося режима грунтовых вод в его береговой зоне.

К сожалению, имеющиеся в настоящее время немногочисленные данные о характеристиках подземного водообмена водохранилищ, полученные при выполнении воднобалансовых расчетов, в большинстве своем даны без учета периода развития водохранилища.[7] В монографии З. А. Викулиной [1] также приведены данные о подземном притоке к водохранилищам и оттоке из них для средних многолетних условий без какого-либо указания, для каких характерных стадий формирования подземного водообмена они получены. По всей вероятности, эти данные относятся к периоду эксплуатации водохранилища в условиях установившегося режима подземных вод. В противном случае приведенная информация теряет смысл. Выполненные к настоящему времени детальные гидрогеологические исследования по изучению особенностей формирования режима подземных вод в береговой зоне водохранилищ Волжского и Днепровского каскадов позволяют сделать следующие выводы относительно методологии оценки характеристик подземного водообмена в районе создания водохранилищ:

1. В период заполнения водохранилища оценка элементов подземного водообмена весьма затруднена, что связано с большими сложностями, возникающими при организации наблюдений за элементами подземного водообмена в условиях постоянного роста уровня водохранилища. Как правило, для оценки фильтрации в этих условиях используют косвенные приемы. Очевидно, что в период заполнения водохранилища имеющий место отток подземных вод за счет фильтрации в дно и берега входит в расходную часть уравнения водного баланса.

В расходную часть баланса следует также включать элементы подземного водообмена, формирующиеся в период с момента заполнения водохранилища до достижения установившегося режима подземных вод в береговой зоне водохранилища. Продолжительность этого периода различна и зависит от размеров водохранилища, гидрогеологических условий в районе водохранилища и режима его эксплуатации. Выполненные исследования показывают, что для крупных равнинных водохранилищ этот период может длиться 7—15 лет.

2. Последняя характерная стадия формирования подземного водообмена наступает после достижения установившегося режима подземных вод в береговой зоне водохранилища. В этот период, в зависимости от особенностей взаимодействия потоков подземных вод, в зоне выклинивания подпора от водохранилища может устанавливаться подземный водообмен различного характера. В большинстве случаев кривая депрессии имеет наклон к водохранилищу, и подземные воды питают его. Следовательно, в уравнении водного баланса подземный водообмен будет иметь положительный знак. Если же кривая депрессии имеет наклон от водохранилища, то должен быть отток подземных вод, который в уравнении водного баланса надо учитывать со знаком минус.

Подводя итог сказанному, еще раз надо подчеркнуть весьма важную особенность формирования подземного водообмена в береговой зоне водохранилища: в различные периоды его существования этот элемент уравнения водного баланса может иметь разные знаки. Поэтому нельзя говорить о средних многолетних значениях данной составляющей, как это нередко бывает при расчетах водных балансов водохранилищ. Можно говорить лишь об интегральном ее значении за рассматриваемый период, который может включать в себя годы, как с положительным, так и с отрицательным подземным водообменом.

Также необходимо уделить особое внимание решению приоритетных задач по улучшению качества питьевой воды, внедрению современных технологий водопользования и водосбережения на предприятиях энергетики, металлургии, машиностроения, в сельском хозяйстве и в жилищно-коммунальной сфере. Необходимо совершенствование деятельности в водохозяйственной сфере, недопущение снижения водных ресурсов, а также по усилению контроля за состоянием и безопасной эксплуатацией гидротехнических сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викулина З. А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза./ Л.: Гидрометеоздат, 1979 г.

2. Кожевников В. П. О расчете испарения с водоемов с учетом температурной стратификации атмосферы./ Труды ГГИ, вып. 158, 1969 г.
3. В.С. Вуглинский. Водные ресурсы и водный баланс крупных водохранилищ СССР. / Л: Гидрометеоиздат, 1991 г.
4. Емельянов А. Г. Принципы и методика прогноза подтопления берегов водохранилищ / Труды координационных совещаний по гидротехнике, 1976 г. вып. 107.
5. Разумов Г.А. Подъем уровня вод в прибрежной зоне водохранилищ / Водные ресурсы, №6, 1984 г.
6. Фильтрация из водохранилищ и прудов/под ред. Н.Н. Веригина. / М: Колос, 1975 г.
7. Булат В, Г. Исследование стока Днепра и элементов режима Каховского водохранилища применительно к расчетам его водного баланса— Автореф. дис. ... канд. геогр. наук/Украинский ин-т инженеров водного хозяйства, Ровно, 1975 г. , Рубан С.Д. Водный баланс Цимлянского водохранилища. – В кн.: Сборник работ Цимлянской ГМО, 1952 г., Семенов Е.Ф. Основные гидрологические характеристики крупных водохранилищ юга Европейской части СССР. / Автореф. дис. ... канд. геогр. Наук/МГУ, М., 1973 г.