

ных технологий угледобычи, не нарушающих ландшафтно-экологической среды и сложившегося природного равновесия.

1. Высоцкий Э.А., Демидович Л.А., Деревянкин Ю.А. Геология и полезные ископаемые Республики Беларусь. Мн., 1996.

2. Демидович Л.А. // Бюл. Белорус. горн. акад. 1997. №1. С.22.

3. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., 1975.

4. Стрельцова Г.Д. // Природные ресурсы. 1996. №1. С.81.

5. Юдович Я.Э. Кетрис М.П., Мерц А.В. Элементы-примеси в ископаемых углях. Л., 1985.

Поступила в редакцию 24.11.97.

УДК 910.1.911.2

Ю.Н.ЕМЕЛЬЯНОВ

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДООБМЕНА ВОДОХРАНИЛИЩ БЕЛАРУСИ ПРИ ОТСУТСТВИИ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

The method of the survey of Belarus water-reservoirs water turnover has been worked out, in conditions of the absence of stationary hydrometric supervision. Water turnover survey for all Belarus water-reservoirs has been carried out, analysing the results of different years.

Одним из наиболее универсальных и сравнительно доступных показателей внутриводоемных процессов, происходящих в водохранилищах и других водоемах замедленного водообмена, является характеристика водообмена, т.е. частота смены водных масс.

Существующие классификации водохранилищ по характеру водообмена [1,2] предполагают, что в водообмене участвует одновременно вся водная масса. В этом случае в качестве основного параметра принято отношение

$K_B = \frac{W}{V}$, где W – сток из водоема за определенный период; V – средний объем водоема за тот же период. Это так называемый условный водообмен. Приняты следующие градации: при K_B от 3 до 10 – период обмена в течение месяца или сезона (сезонное регулирование); при K_B от 10 до 30 – период обмена в течение недели (месяца), т.е. недельное, месячное регулирование.

Существует более универсальная формула вычисления аналогичного показателя [3]: $K_B = \frac{W_{\text{пр.}} + W_{\text{ст.}}}{2V}$, где $W_{\text{пр.}}$ – приток в водоем; $W_{\text{ст.}}$ – сток водоема.

Практически это число смен объема воды в водоеме при условии, что происходит только процесс вытеснения одних водных масс другими.

В среднем за многолетний период этот показатель может быть выражен через глубину водоема и его удельный водосбор:

$$K_B = \frac{MF}{\bar{H}f} = \frac{M}{\bar{H}} f,$$

где M – среднемноголетний слой стока с водосборной площади (в створе водохранилища); $\bar{H}$, f – средняя глубина и площадь зеркала водохранилища;

$f \frac{F}{f}$ – удельный водосбор водохранилища.

В работе [4] достаточно подробно исследованы вопросы влияния водообменных характеристик водохранилищ на гидрохимический режим зарегулированных рек. В частности, дана количественная оценка изменения минерализации в результате регулирования стока. Анализ связи между характеристикой водообмена и режимом минерализации показал, что при водообмене более 7 гидрохимический режим водохранилища и зарегулированной реки практически не отличаются.

М.А.Фортунатов [5] разработал подробную классификацию водохранилищ по признаку водообмена, которая позволяет ранжировать водоемы по интенсивности их водообмена и, следовательно, по характеру внутриводоемных процессов, скорости самоочищения и т. п.

Все рассмотренные показатели водообмена относятся к русловым водохранилищам различного типа регулирования стока. Для других типов водохранилищ, например наливных, озерных, озерно-наливных, каскадного регулирования, следует применять другие специальные формулы и балансовые соотношения и в данном исследовании они не рассматриваются.

Большинство водохранилищ Беларуси не охвачены стационарными наблюдениями, позволяющими оценить фактическую приточность и другие элементы водного баланса водохранилищ, необходимые для расчета водообменных характеристик. В связи с этим была разработана методика оценки средне-многолетних характеристик при отсутствии натурных наблюдений за приточностью к водохранилищу, исходя исключительно из той информации, которую можно извлечь из стандартных справочных материалов [6, 7].

Опорными, исходными данными для дальнейших расчетов является местоположение водохранилища – зарегулированная река, площадь водосбора в створе плотины. На основании этой информации можно оценить среднемноголетнюю величину приточности в соответствии с картами изолиний модулей среднемноголетнего стока, помещенных в справочнике "Ресурсы поверхностных вод" [6].

Если необходимо получить водообменные характеристики для лет с различной водностью, можно, используя территориально обобщенные кривые распределения вероятностей годового объема стока [6], перейти к годам с различной обеспеченностью (обычно многоводные 25%-ой обеспеченности и маловодные 75%-ой обеспеченности).

Далее рассмотрим сезонные значения стока для оценки водообменных характеристик в различные периоды года. Исходя из гидрологического районирования территории Беларуси и соответствующего регионального внутригодового распределения стока, перейдем от суммарного годового объема стока к среднему расходу за стандартные сезоны: весна (III–V); летне-осенний сезон (VI–XII); зима (XII–II).

Вся территория республики разделена на следующие районы: 1. Западно-Двинский (подрайоны в, г); 2. Верхне-Днепровский (подрайоны а, б, в); 3. Вилейский (подрайоны а, б); 4. Неманский; 5. Центральнo-Березинский (подрайоны а, б); 6. Припятский (подрайоны а, б, в).

Внутригодовое распределение стока (в относительных единицах) внутри каждого подрайона варьируется в зависимости от водосборной площади в расчетном створе, а в Западно-Двинском гидрологическом районе еще и от степени озерности речного бассейна.

Выполняя последовательно перечисленные ранее расчеты, мы практически переходим к достаточно подробной информации о приточности по всем расчетным водохранилищам в виде объемов стока за весну, лето–осень, зиму и за год в целом для трех градаций водности: многоводный, средний, маловодный год, которая позволяет производить расчеты водообмена водохранилищ.

Для оценки коэффициента водообмена каждого из этих периодов берется отношение соответствующей характеристики расчетной приточности к полезному объему водохранилища.

Использование полученного объема в данном случае достаточно условно, так как это допущение предполагает заполнение водохранилища до отметки НПУ, что далеко не всегда выполняется [5].

Полученные таким образом водообменные характеристики носят приближенный характер, но по ним можно получить представление в целом об осредненных условиях водообменных процессов, происходящих в водохранилищах различного типа.

Предложенный метод расчетов предусмотрен для случаев отсутствия регулярных гидрометеорологических наблюдений в створе плотины водо-

хранилища, в целом вполне соответствует необходимой точности при массовых расчетах и может быть рекомендован для классификационных и других задач.

Анализ полученных данных показывает, что большинство русловых водохранилищ (46%) характеризуется величиной водообмена от 0,9 до 10 раз в течение среднего по водности года (30,8% – с водообменом от 0,9 до 5 и 15,4% – с водообменом от 5 до 10).

По характеру водообмена водохранилища Беларуси можно разделить на четыре основные группы.

В первую группу входят водохранилища, имеющие годовой водообмен от 0,9 до 50. Эта группа составляет 75% от всех исследуемых водоемов, среди них такие водохранилища, как Вилейское (р.Вилия), Вяча (р.Вяча), Локтыши (р.Лань), Любанское (р.Оресса), Солигорское (р.Случь), Тетеринское (р.Друть).

Водоохранилища с годовым водообменом от 50 до 500 (27%) составляют вторую группу: Ключегорское (р.Оболь), Смолевичское (р.Плисса), Саковщинское (Зап.Березина), Чигиринское (р.Друть), Осиповичское (Свислочь).

К третьей группе отнесены водохранилища, которые практически мало отличаются от речных потоков, так как водообмен в них происходит более 900 раз в году. Это такие водохранилища, как Гезгальское (р.Молчадь), Домонавское (р.Щара), Яновское (р.Лоша).

Естественно, в первую группу вошли водохранилища, обладающие максимальными возможностями по регулированию стока. Наиболее отчетливо это проявляется в снижении относительной доли стока за тот месяц, на который приходится максимальная доля годового стока при естественном (не зарегулированном) режиме стока. Для территории Беларуси это в основном период март–апрель.

Для водохранилищ этой группы изменение доли стока за указанный период может достигать 20% их годового стока. При осуществлении предполоводной сработки водохранилища отмечается увеличение стока в феврале–марте.

Во вторую группу включены малые водоемы, в том числе суточного регулирования для нужд гидроэнергетики. Отличаясь повышенным водообменом, эти водохранилища мало влияют на изменение годового стока, но проявляют свое регулирующее влияние в масштабах суток. В этом случае регулирующие емкости позволяют достаточно плавный ход расходов воды в период межени трансформировать применительно к потребностям гидроэнергетики. Такой режим регулирования существенно влияет на характер распределения суточных амплитуд расходов воды, уменьшая доли малых амплитуд и увеличивая (в относительном выражении) долю повышенных суточных амплитуд колебания расходов воды.

Водоохранилища, вошедшие в третью группу, не представляют практического интереса с точки зрения регулирования речного стока и изменения внутри-водоемных процессов, так как, по существу, являются частью реки с теми же водообменными характеристиками.

В группу сильно проточных водохранилищ входят такие, как Любанское, Тетеринское.

Слабопроточными водохранилищами по этой классификации являются Краснослободское, Днепрец, Дубровенское, Локтыши, Селец.

Вилейское водохранилище по коэффициенту водообмена находится на границе между группой среднепроточных и сильнопроточных ($K_{гп}=4,15$, изменяясь от 0,5 зимой маловодного года, от 2,2 весной многоводного года).

В группу непроточных входит только одно водохранилище – Марьино Горка на р.Витовке.

Наиболее подробная классификация водохранилищ по водообменным характеристикам разработана М.А.Фортуновым [5].

В соответствии с этой классификацией в таблице представлены примеры водохранилищ Беларуси, относящиеся к тому или иному типу водоемов по характеру водообмена.

**Распределение водохранилищ Беларуси
в соответствии с классификацией М.А.Фортунатова [5]**

Характер водообмена	Период водообмена	Показатель водообмена (число раз в течение года)	Примеры водохранилищ Беларуси
Очень большой	0,1	10	Волковичское, Плещеницкое, Зельвенское, Гать, Дабосня, Осиповичское, Чичеренское
Большой	0,10–0,25	10–4	Стародворское, Вилейское, Любанское, Солигорское, Вяча, Тетеринское
Значительный	0,25–0,50	4–2	Днепрец, Локтыши
Средний	0,50–1,00	2–1	Краснослободское
Умеренный	1,00–2,0	1–0,5	Марына Горка
Замедленный	2,0–3,0	0,50–0,33	—
Слабый	3,0	0,33	—

Как уже отмечалось, основная масса рассмотренных водохранилищ характеризуется повышенным значением водообмена и, следовательно, характер внутриводоемных процессов в них не отличается от речного.

Предполагаемая методика не подходит для наливных водохранилищ и работающих в каскаде либо комбинированных, как, например, Заславское водохранилище, питающееся в том числе и за счет канала переброски Вилейско-Минской водной системы. Для оценки процессов озерных, наливных и озерно-наливных водохранилищ необходимо располагать данными об основных элементах водного баланса.

1. Базыленко Г.М., Лопух П.С. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер.2. 1980. С.49.
2. Богословский Б.Б., Филь С.А. // Географогидрологический метод исследования вод суши. Л., 1984.
3. Гриневич А.Г., Гречухина Т.Д., Кондрат А.В. // Изучение и использование водных ресурсов. М., 1980. С.61.
4. Литвинов А.С., Законнова А.В. // Водные ресурсы. 1986. №3. С.69.
5. Фортунатов М.А. // Факторы формирования водных масс и районирование внутренних водоемов. М., 1974.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.5. Белоруссия и Верхнее Приднепровье. Л., 1976.
7. Тарасов М.Н., Павелко И.М. // Гидрохимические материалы. 1969. Т.4. С.47.
8. Широков В.М., Пидопличко В.А. Водохранилища Белоруссии. Мн., 1992.

Поступила в редакцию 04.12.97.

УДК 910.1.911.2

А.Г.ГРИНЕВИЧ, Ю.Н.ЕМЕЛЬЯНОВ, О.В.ШКЛЯНКО

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЛИМИТИРУЮЩЕГО ГИДРОГРАФА НА ОСНОВЕ МНОГОЛЕТНИХ ДАННЫХ О ГИДРОЛОГИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

The methods of calculation of the limiting hydrograph on the basis of long-term data about the hydrologic rate of Belarussian rivers is brought forward.

При любом виде хозяйственного освоения водных ресурсов возникает проблема учета и оценки того нижнего предела расхода воды, который необходимо оставлять в реке и не включать в хозяйственное использование и тем более изъятие. Этот предельный расход воды в различных изданиях называют по-разному (минимально допустимый, природоохранный, экологический, лимитирующий, минимально необходимый и т.п.), хотя смысл его во всех случаях практически одинаковый – это тот расход, изъятие воды ниже которого чревато отрицательными последствиями: для природных условий; нормального функционирования речного потока; хозяйственного использования и санитарных условий ниже по течению, что влечет за собой экономические издержки и т. п.

Методы оценки этого лимитируемого расхода воды в настоящее время отличаются большим разнообразием. Проведенный анализ существующих методов, подходов и предложений по определению и обоснованию этих расходов воды показывает, что такие методы, как, например, экономический (оценка ущерба), гидравлический (поддержание необходимой скорости