

2. Пашкевич, М. А. Использование малогабаритных беспилотных летательных аппаратов в целях экологического мониторинга / М. А. Пашкевич, А. С. Данилов, Ю. Д. Смирнов // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики : сборник научных трудов 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. Т. 2 / под общ.ред. А. Б. Копылова, И. А. Басалай. – Минск : БНТУ, 2013. – С. 79 – 85.
3. Беспилотные летательные аппараты: справочное пособие.–Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2015.–620с.
4. Лаврентьев, А.А. Загрязнение атмосферы в районе полигонов по переработке отходов/Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2008, № 1.– С.84–85.
5. Faitli, J. Characterization of thermal properties of municipal solid waste landfills/ J.Faitli, T.Magyar, A. Erdélyi, A. Murányi// Waste Management, v. 36, 2015.– p.213–221.

УДК 556.167 (476)

Е.Е. Петлицкий, М.В. Водейко
РУП «ЦНИИКИВР»

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ МИНИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ДЛЯ РЕК НЕМАНСКОГО БАССЕЙНА

Для исследования речного стока в меженные периоды по основным рекам, принадлежащим к Неманскому бассейну, были проведены подробные расчеты основных статистических характеристик минимальных среднемесячных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени.

Исследования проводились по всем существующим ранее и сейчас гидрологическим постам, охватывающим всю территорию Неманского бассейна – 54 гидрологического поста.

В связи с тем, что не все ряды гидрологических наблюдений представляли достаточную длительность для получения надежных статистических характеристик – либо короткие ряды, либо с большими перерывами в наблюдениях – необходимо было восстановить недостающую гидрологическую информацию. Для выполнения работ по удлинению этих рядов использовался метод корреляционного анализа на основании подбора соответствующих створов – аналогов в соответствии с законами гидрологической аналогии в условиях формирования речного стока, в том числе в меженные периоды [1].

Таким образом, на основании выбранного подобия «расчетный створ – створ-аналог» был проведен корреляционный анализ связей между расчетным створом и подобранным гидрологическим аналогом по среднемесячным расходам воды за каждый месяц в течение года. В результате восстановленных по уравнениям связи стоковых величин существенно расширился исходный массив данных расходных характеристик рек по функционирующему и закрытым гидрологическим постам. В бассейне реки Неман были продлены ряды в 25 стационарных створах.

Полученные данные с учетом удлиненных (восстановленных) рядов стока позволили получить в расчетном створе следующие характеристики: средняя величина минимального среднемесячного расхода воды (за зимнюю и летне-осеннюю межень) за весь период многолетних наблюдений и соответствующее значение коэффициента вариации (C_v). По каждому речному створу оценено 16 статистических параметров (8 для зимней межени и 8 для летне-осенней межени). Весь массив этих параметров описывает многолетние особенности меженных расходов воды в 53 створах бассейна реки Неман с рекой Вилия. На основе эмпирических кривых обеспеченностей показаны характерные ординаты – среднемесячные минимальные расходы воды обеспеченностью 50%, 75%, 80%, 90% и 95%. Кроме этого по-

казана величина наименьшего среднемесячного расхода воды, зафиксированная за весь период наблюдений в конкретном створе.

Из анализа данных было получено, что в Неманском бассейне практически по всем рекам зимняя межень отличается повышенной водностью по сравнению с летне-осенней меженю. В отдельных случаях эта разница может составлять два и более раза, особенно на малых реках.

Полученные таким образом основные статистические характеристики зимней и летне-осенней межени достаточны для проведения дальнейших оценок тенденций изменения меженных среднемесячных расходов воды во времени и пространстве.

В последние годы наблюдается заметные изменения водности рек, которые связывают с климатическими изменениями (повышение температуры воздуха, уменьшение атмосферных осадков и др.) [2], а также с увеличением антропогенной нагрузки в основных пунктах стационарных наблюдений за гидрологическим режимом. Подобные изменения не могли не сказаться на изменении условий формирования стока рек. В связи с этим произошли и некоторые изменения в тенденциях многолетних колебаний минимальных меженных расходов воды за последние десятилетия на реках Балтийского бассейна. Для анализа этого процесса были построены и проанализированы хронограммы многолетних рядов наблюдений за минимальными расходами воды. С целью более четкого выделения изменений в режиме этих расходов рассчитаны сглаженные по пятилеткам расходы воды за зимнюю и летне-осеннюю межень. Такой подход позволил исключить колебания расходов воды между отдельными годами и выявить основные тенденции в многолетних колебаниях. Был подготовлен массив стоковых данных с рядами наблюдений в стационарных створах (или восстановленных) более 50 лет. Далее, разделив весь ряд наблюдений на два периода (в соответствии с зафиксированным годом изменения тенденции), была рассчитана средняя величина меженных расходов воды и относительные масштабы произошедших изменений. На основании проведенного анализа для каждого расчетного створа зафиксирован год начала заметной тенденции к систематическому изменению меженных расходов воды (отдельно для зимней и летне-осенней межени).

В бассейне реки Неман было построено и проанализировано 40 сглаженных хронограмм меженных расходов воды (20 – за период зимней межени и 20 – за период летне-осенней межени). Существенные систематические изменения (увеличение) в меженных расходах воды относятся только к зимней межени. Однако момент отмеченного изменения в общей тенденции зимних расходов воды отличается от остальных бассейнов. Чаще всего этот момент приходится на 1975 г., реже – на 1981 г. относительная величина среднего отклонения зимних расходов воды за последние десятилетия составляет 20-70%.

Для структуры меженных периодов на реках в бассейне Немана за последние десятилетия наметилась тенденция сдвиги максимальной частоты попадания минимальных расходов в течение года с зимних периодов на летне-осенние периоды. Наиболее четко эта тенденция отмечается в створе реки Неман – г. Столбцы: частота в январе уменьшилась в десять раз, а в августе увеличилась в пять раз; частота попадания в феврале уменьшилась в два раза, а в августе – увеличилась в пять раз.

Установлено, что для минимального стока (в отличие от годового) уменьшается зависимость от климатических факторов (температуры воздуха и почвы, дефицита влажности воздуха, испарения с суши, розы ветров) и усиливается влияние физико-географических факторов.

Так, на распределение минимального стока внутри года определяющее влияние оказывает гидрогеологическое строение водосбора – инфильтрационная и водоудерживающая способность почво-грунтов, мощность и распространение водоносных горизонтов, гидравлическая связь с поверхностным стоком.

Дренирующая способность рек на величину минимального стока оказывает определяющее влияние и зависит от геоморфологических и почвенных условий водосборов. При одинаковых почвогрунтах с разным рельефом сток выше в возвышенных районах. Реки,

протекающие на возвышенностях, имеют глубоко врезанные долины, что обуславливает более высокие модули минимального стока. При выходе реки на равнину ее врез становится меньше, долина расширяется, и модули минимального стока уменьшаются.

На сток рек значительное влияние оказывает такая особенность геологического строения, как процесс карстообразования, который влияет на величину водовмещения пород [3].

На величину минимального стока рек оказывает влияние величина залесенности водосбора, наличие озер и болот. Лес способствует переводу склонового и руслового стока в почвенный, тем самым, увеличивая запас грунтовых вод на водосборе. Озера и болота также имеют аккумулирующую функцию талых и дождевых вод. Под влиянием озерного регулирования максимальный сток значительно снижается, а минимальный, наоборот, повышается.

Что касается величины площади водосбора, то установлено, что многолетний ход минимального стока на малых и средних реках, как правило, соответствует ходу на больших реках.

В последние годы наблюдаются заметные изменения водности рек, которые связывают с глобальным потеплением и увеличением антропогенной нагрузки. Одной из наиболее важных гидрологических величин является минимальный сток и его пространственно-временные колебания. Модуль стока, как показатель количественной характеристики поверхности стока, отражает эти изменения. На данном этапе исследования рассматривалась величина модуля минимального стока, как показателя количественной характеристики колебания водности в период зимней и летне-осенней межени на реках бассейна Немана в пределах Республики Беларусь. На основании полученных ранее статистических характеристик для анализа изменения минимального стока в соответствующий меженный период были выбраны следующие характеристики: параметр изменчивости стока Cv , средняя и наименьшая величины минимального среднемесячного модуля стока за весь период многолетних наблюдений (с учетом в отдельных случаях удлинения рядов), модуль минимального стока 50%-ой обеспеченности, среднее за период наблюдений значение модуля минимального стока. Таким образом, в границах речного бассейна была получена характеристика колебаний значений минимальных модулей стока в зимний и летне-осенний меженный периоды.

Как показал анализ по Неманскому бассейну за летне-осенний, так и за зимний периоды минимальные модули постепенно увеличиваются до д. Белица (площадь водосбора 16700 км^2), где среднемноголетний модуль среднемесячного минимального стока за летне-осенний период составляет 3,5, зимний период – $4,14 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. От д. Белица вниз по течению модули уменьшаются и у г. Гродно (площадь водосбора 33600 км^2), соответственно, составляют 3,09 и $3,71 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$. На всем протяжении реки среднемесячные модули минимального стока за летне-осенний сезон меньше зимних модулей на 15-17%.

Для всех речных стационарных створов наблюдений за гидрологическим режимом на реках Неманского бассейна были определены меженные минимальные расходы 50% обеспеченности по стоку с учетом продления рядов наблюдений. Эти тенденции, или закономерности, формирования минимального стока на данном этапе исследований нами были представлены в виде карт изолиний модулей минимального стока рек за зимнюю и летне-осеннюю межени, полученные методом интерполяции в стационарных гидрологических створах. Построенные карты модулей минимального речного стока 50% обеспеченности для зимней и летне-осенней межени на реках Неманского бассейна отражают факторы формирования и изменения минимального стока по территории исследования. Полученные модули минимального стока 50%-ой обеспеченности в меженные периоды были сгруппированы в диапазоны значений от минимального к максимальному для соответствующих градаций площадей по основным речным водосборам[4].

Зимняя межень. Самые высокие модули отмечаются в бассейне Немана ($4,25-6,60 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$), особенно высокий минимальный сток в этом бассейне отмечен на реках Гавья, Молчадь, Валовка, Жижма, Мышанка и Ошмянка. Причем, если высокие значения минимального модуля практически не изменяются с увеличением площади водосбора, то для

минимальных значений модулей ($0,57\text{-}4,81 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$) их увеличений идет с нарастанием водосборной площади до 1000 км^2 , а затем происходит их уменьшение.

Летне-осенняя межень. Для Неманского бассейна в это время формируется минимальный сток, который характеризуется меньшими значениями минимальных и максимальных величин модуля стока в сравнении с зимними значениями. Для летне-осенней межени тенденции изменения минимального стока в зависимости от площади водосбора рек по бассейнам остаются аналогичными зимней межени. В целом по территории исследуемого бассейна модули минимального летне-осеннего стока меньше зимнего для Неманского бассейна от 7% до 79%.

Можно отметить, что на территории исследуемого бассейна на реках формируется минимальный сток, увеличивающийся с ростом площади водосбора, но такая закономерность соблюдается для водотоков с площадью водосбора не более 5000 км^2 . Для крупных рек зависимость величины минимального стока от величины площади водосбора падает.

Для изолиний модулей минимального стока не прослеживается и характерная для годового стока тенденция уменьшения с севера на юг, связанная с уменьшением к южным широтам водности рек. Внутри крупных речных водосборов величины модулей минимального стока значительно варьируют. Здесь определяющими факторами выступают связанные с поверхностным стоком подземные воды, а также физико-географические и геоморфологические условия на водосборе рек.

Список использованных источников

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима: Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье: Ч. 1. / Под ред. К.А. Клюевой. – Ленинград :Гидрометеоиздат, 1971. – 1107 с.
2. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Мин.: институт геологических наук АН Беларуси. 1996. – 234 с.
3. Минимальный сток рек Беларуси: монография / А.А. Волчек, О.И. Грядунова; – Брест: БрГУ им. А.С.Пушкина, 2010. – 169 с.
4. Государственный водный кадастр. Раздел 1. Поверхностные воды. Серия 2. Ежегодные данные. Том III. Минск.: Республиканский Гидрометеоцентр, 2000-2009 гг.

УДК 556.535

Е.Г. Квач, М.А. Асадчая

Республика Беларусь, Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет)

ВЛИЯНИЕ ГРОДНЕНСКОЙ ГЭС НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕКИ НЕМАН (В ГРАНИЦАХ БЕЛАРУСИ)

Река Неман – одна из основных водных артерий Беларуси, расположена в северо-западной и западной части республики. Протекает по территории Беларуси и Литвы.

До проведения в 1985-86 гг. мелиоративных работ за начало р. Неман принимался исток р. Неманец, расположенный юго-западнее д. Красное в Узденском районе, Минской области. На изменение местоположения истока р. Неман повлияли проведенные мелиоративные работы в границах водосбора, в результате длина р. Неман уменьшилась на 24 км, а за исток принято место слияния каналов у насосной станции, расположенной к северо-западу от д. Речица, Узденского района, Минской области [1]. Впадает в Куршский залив Балтийского моря.

Длина реки от истока до устья 914 км, в пределах Беларуси от истока до впадения р. Черная Ганьча – 431 км. Общая площадь водосбора 98200 км^2 , в пределах республики (до р. Черная Ганьча) – $34\,610 \text{ км}^2$.