

мых под строительство производственных комплексов;

- совместного анализа гидролого-климатических, тепловоднобалансовых и гидрогеологических показателей (характеристик) на территориях, испытывающих радиоактивное загрязнение и заражение стоками животноводческих комплексов;

- гидролого-климатического и эколого-мелиоративного обоснования направлений освоения земель, подверженных радиоактивному загрязнению и заражению стоками животноводческих комплексов;

- моделирования экологически безопасных режимов гидромелиораций при освоении больших территорий (в зоне размещения крупных производственных объектов);

- решения проблем водоотведения населенных пунктов и промышленных предприятий;

- решения проблем влияния утилизируемых стоков на поверхностные воды;

- оценки процесса влагопереноса в атмосфере и распространения загрязнений в гидросфере Земли;

- оценки связи поверхностного и подземного водосборов и границ водохозяйственных (экологически опасных) зон населенных пунктов, производственных и сельскохозяйственных комплексов в осваиваемых регионах;

- учета взаимовлияния производственных комплексов и их суммарного влияния на природную Среду.

ОЦЕНКА ВКЛАДА ТОЧЕЧНЫХ И РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО БАЛАНСА

В.Н. Плужников, Г.А. Щербаков

Лаборатория гидрологии, ЦНИИКИВР
Минск, Республика Беларусь

Приводятся разработанные для практического использования рекомендации по составлению гидрохимических балансов участков и бассейнов рек, раскрываются способы оценки вклада точечных и рассеянных источников загрязнения вод, а также оценки их самоочищения; результаты иллюстрируются расчетами и данными по реке Мухавец.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ, БАЛАНС, ТОЧЕЧНЫЕ, РАССРЕДОТОЧЕННЫЕ, ИСТОЧНИКИ, ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Надежное установление причин, приводящих к загрязнению вод, имеет большое значение для выбора основных направлений водоохранной деятельности. Этим целям должен служить гидрохимический баланс бассейна или участка реки, составленный на основе автономного определения составляющих.

Пока, балансовые расчеты в указанном виде не получили развития, что препятствует правильному решению проблем охраны вод от загрязнения с позиций получения максимального экологического эффекта от проведения текущих водоохранных мер и разработки стратегических направлений в этой области.

К настоящему времени, нами разработаны практические рекомендации и составлены гидрохимические балансы по всем основным рекам республики с выделением репрезентативных бассейнов и участков, отличающихся типовым составом и удельным весом отдельных элементов.

Балансы химического стока произвольного участка реки являются разновидностью условия сохранения массы загрязняющего (определяющего качество воды) вещества на выбранный интервал времени. Они сводятся к определению и сопоставлению всех составляющих статей поступления и расходования этого вещества. Балансы должны составляться для всего набора веществ, признанных вредными или обязательными для оценки качества речной воды.

Полное уравнение гидрохимического баланса, имеющее значение для постановки объективного мониторинга качества вод, мы не приводим, ограничиваясь практической версией, по которой подготовлены все необходимые процедуры получения данных

$$W_{\text{кон}} = W_{\text{нач}} + W_{\text{ст}} + W_{\text{рр}}^y + W_{\text{рр}}^c - W_{\text{вв}} \pm W_{\text{гос}} \quad (1)$$

где $W_{\text{нач}}$ $W_{\text{кон}}$, - поступление массы вещества через начальный (верхний) створ и его убыль через конечный (нижний) створ участка реки; $W_{\text{ст}}$ - масса вещества, поступающего со сточными водами; $W_{\text{рр}}^y$ - смыв загрязнений с урбанизированных территорий; $W_{\text{рр}}^c$ - то же, с остальной промежуточной водосборной площади (сельскохозяйственных районов); $W_{\text{вв}}$ - редукция

массы вещества под воздействием внутриводоемных процессов (эффект самоочищения); $W_{нев}$ - невязка баланса.

Последний элемент характеризует совокупную погрешность расчета по разнице

$$W_{кон}^{изм} - W_{кон}^{выч} = \pm W_{нев}, \quad (2)$$

где $W_{кон}^{изм}$, $W_{кон}^{выч}$ - измеренная и полученная расчетом (по данным об элементах $W_{нач}$, $W_{ср}$, $W_{рр}^y$, $W_{рр}^c$, $W_{вв}$) масса вещества в конечном створе участка.

Допустимая величина невязки при известных значениях среднеквадратических ошибок определения элементов баланса может находиться по доверительному интервалу обеспеченностью 95%.

При отсутствии таких данных, по всем элементам баланса рекомендуется более простая оценка

$$\delta_{нев} = (W_{кон}^{изм} - W_{кон}^{выч}) * 100\% \leq \varepsilon, \quad (3)$$

где ε - априорно принятая, допустимая погрешность балансового расчета.

Рассмотрим рекомендуемые способы определения всех составляющих баланса (1).

Величины $W_{нач}^{изм}$, $W_{кон}^{изм}$, если не проводились специальные исследования на данной реке, необходимо принимать по официальным данным (изданиям и системам государственного водного кадастра РБ), которые в настоящее время имеются для ограниченного количества створов, что автоматически снижает перечень бассейнов участков рек, где возможно составление балансов. Необходима только тщательная увязка реального гидрографа стока с измерениями концентрации данного вещества 7...12 раз в течение года.

Элемент $W_{ср}$ извлекается из действующей (разработка ЦНИИКИВР) АИС ГВК "Статотчетность водопользования". Необходимо, при этом, обеспечить корректное формирование запроса в систему по кодам начального и конечного створов изучаемой реки.

Показатель $W_{рр}^y$ определяется, если проведены эксперименты по конкретному городу, из опыта (с учетом метеоусловий года). Но его можно определять и расчетом по методике Н.А. Правошинского [1]. Необходимые

для этого исходные данные по урбанизированным площадям, расчетному слою осадков, коэффициенты стока обычно достаточно известны.

Вынос загрязняющих веществ с водосбора (W_{pp}^c) зависит от его структуры (распаханность, лесистость и др.), мелиоративного переустройства, вносимых удобрений, плотности скота, числа сельских жителей, режима атмосферных осадков, рельефа, почв.

Для получения элемента W_{pp}^c конкретного водного бассейна, рекомендуется применение множественного регрессионного анализа и установления значимости (вклада) перечисленных факторов в уравнениях связи с химическим стоком реки (с исключением или, что лучше, отсутствием сбросов сточных вод на участке). Такие связи, нами получены по бассейнам типичных малых рек для различных районов республики и рекомендуются для практических расчетов [2].

Оценка эффекта самоочищения в реке состоит в определении коэффициентов редукции ($r < 1$), зависящих от вида вещества, времени его пребывания в потоке, температуры воды. Их обычно представляют в виде

$$r_i = 10^{-\alpha_i(T)^{\tau}}, \quad (4)$$

где $\alpha_i(T)$ - полученный из опыта параметр для данного i -го вещества при температуре воды $T^\circ \text{C}$, сутки⁻¹; τ - время перемещения вещества с речной водой от створа поступления до конечного створа, сутки.

Параметр $\alpha_i(T^0)$ варьируется не только по видам веществ, но, в статистических условиях, и в потоке, зависит от погоды, сезона года, гидробиологического режима, гидравлических условий, русловых процессов и т.д. Поэтому, надежных методов его априорной оценки не существует. Вместе с тем, процессы самоочищения, как показывает наш анализ гидрохимических материалов по рекам республики, могут сыграть существенную роль по своему вкладу в гидрохимический баланс. В связи с этим, рекомендуется использовать хотя бы литературные данные [1,2 и др.]. Мы также рекомендуем, в случае отрицательной невязки баланса (1) без элемента $W_{вв}$, условно относить эту невязку к самоочищению (исходя из взаимной компенсации отдельных погрешностей), и, решением обратной задачи, оценивать параметр α_i . Пробные расчеты по ряду рек Беларуси, этим способом, дали вполне удовлетворительные результаты, не уступающие литературным

данным и характеризующие конкретный водоток.

Проиллюстрируем это на примере составления гидрохимического баланса р. Мухавец на уровне 1995 г. по показателю биохимического потребления кислорода за 5 суток (БПК₅). Выполненные нами расчеты за годовой период дали следующую оценку элементов баланса (1) в т/год: $W_{cp} = 100$; $W_{pp}^y = 239$; $W_{pp}^c = 2711$; $W_{кон}^{изм} = 2424$; $W_{кон}^{выч} = 3049$; $(W_{исв} + W_{вв}) = -625$.

Так как элементы W_{cp} и W_{pp}^y , в основном, приурочены к устью реки, где расположен г. Брест, эффект самоочищения оценен в отношении элемента W_{pp}^c . Он характеризует бассейн реки Мухавец, в целом, и, поэтому, в расчет принято среднее время добегания, составляющее, примерно 1,3-1,5 сут. Коэффициент редукции по балансовым данным определяем как, $r = 2424/3049 = 0,77$.

При $r = 0,77$, по формуле (4) произведение $\alpha_i(T) \cdot \tau = 0,12$, откуда $\alpha_i(T) = 0,080-0,091$, в зависимости от оценки времени τ . По имеющимся рекомендациям, при средней годовой температуре Брестской области 6,7 [3], параметр самоочищения по показателю БПК₅ принимается в размере 0,078 [2]. Как видно, результаты вполне сопоставимы и, таким образом, приведенный способ может быть рекомендован для ориентировочной оценки значимости процессов самоочищения речных вод в наших условиях. Что касается вклада точечных и рассредоточенных источников в загрязнение вод, то из приведенных выше данных по Мухавцу видим, что последние превышают обычно регистрируемый сброс загрязняющих веществ со сточными водами, практически, на порядок. Такое соотношение имеет место и во всех других крупных речных бассейнах.

Литература

- 1 Использование и охрана малых рек. - Мн.: Ураджай, 1989, с. 94-95.
- 2 Комплексная оценка использования и охраны водных ресурсов Западного Буга, Днепра, Припяти, Немана и Западной Двины. - Мн., 1997 (Отчет ЦНИИКИВР. Прил. 2, с.12-13).
- 3 Климат Беларуси / под ред. В.Ф. Логинова. -Мн.: ИГН НАНБ, 1986, с.61.