

приводящих к наводнениям путем математического моделирования уровня и скоростного режима реки Западный Буг. Для этого выполнено уточнение местоположения поперечных сечений по руслу реки Западный Буг и его основных притоков с использованием цифровой модели рельефа местности (ЦМР). Основным результатом оценки изменения гидрологических показателей являются карты-схемы опасности и риска наводнений для трансграничного участка реки Западный Буг на территории Беларуси для трех сценариев максимальных расходов воды: 1% вероятности превышения (ВП) – один раз в 100 лет; 5%ВП – один раз в 20 лет; 10%ВП – один раз в 10 лет. Карты-схемы опасности наводнения включают информацию о границах зон затопления и глубинах затопления (рисунок 1). Карты-схемы риска наводнений включают информацию о границах зон затопления, а также местоположение объектов и видов землепользования, подверженные риску наводнения (рисунок 2).

Программа мероприятий по снижению негативных последствий изменения гидрологических показателей разработана по информации об объектах, попадающих в зоны вероятного затопления. Разработанная программа мероприятий также учитывает мероприятия Государственной программы «Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2011–2015 годы» [3] и мероприятия подпрограммы 7 «Инженерные противопаводковые мероприятия» Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы [4]. Следует отметить, что намеченные в 2011-2015 годах инженерные противопаводковые мероприятия по ряду объектов выполнены не были (по информации Государственного объединения по мелиорации земель, водному и рыбному хозяйству «Белводхоз»). Реализация мероприятий 2011-2015 лет и 2016-2020 лет может быть начата с 2020 года.

Список использованных источников

1. Выполнить оценку изменения гидроморфологических, гидрологических и гидрохимических показателей реки Западный Буг и разработать мероприятия по снижению их негативных последствий. Отчет о НИР (заключительный). г. Минск, РУП «ЦНИИКИВР, 2018 г., 90 с.
2. Разработать план управления бассейном р. Западный Буг (этап 2016 года). Отчет о НИР (заключительный). – г. Минск, РУП «ЦНИИКИВР, 2016 г., 169 с.
3. Государственная программа «Инженерные водохозяйственные мероприятия по защите населенных пунктов и сельскохозяйственных земель от паводков в наиболее паводкоопасных районах Полесья на 2011–2015 годы». Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 06.09.2010 № 1280.
4. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы. Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 11.03.2016 № 196

УДК504.453/556.53

В.Н. Корнеев, И.А. Булак

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов» (РУП «ЦНИИКИВР»)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ РЕЕСТРА ВЫПУСКОВ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

По данным государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды) за 2018 год в Республике Беларусь имеется 374 водопользователя, на балансе которых имеется 578 выпусков сточных вод в поверхностные водные объекты. При этом 145 водополь-

зователей, имеющих 199 выпусков сточных вод, в соответствии с Постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 11 января 2017 года №5 «Об определении количества и местонахождения пунктов наблюдений локального мониторинга окружающей среды, перечня параметров, периодичности наблюдений и перечня юридических лиц, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасную деятельность, осуществляющих проведение локального мониторинга окружающей среды» (далее по тексту – Постановление Минприроды от 11 января 2017 года №5) являются объектами наблюдений локального мониторинга при отведении сточных вод в поверхностные водные объекты.

Следует отметить, что практически все выпуски сточных вод не имеют четкой географической координатной привязки к участкам водных объектов, которые принимают сточные воды от этих выпусков. Также отсутствуют и морфометрические характеристики этих выпусков и соответствующих участков водных объектов, включая площади поперечный сечений, средние и максимальные глубины водотока и его ширину в месте выпуска сточных вод, данные о среднемноголетних расходах воды в принимающих водных объектах и минимальных среднемесячных расходах воды 95% вероятности превышения (обеспеченности).

Недостаток указанной информации приводит к тому, что по выпускам сточных вод и по соответствующим участкам водотоков отсутствует также и актуальная гидрологическая информация в части расходов воды на указанные гидрологические режимы, а также гидравлическая информация в части характеристик скоростного режима. Данную актуальную информацию можно получить только по результатам экспедиционных исследований выпусков сточных вод и соответствующих участков водотоков, принимающих сточные воды. Поэтому в рамках задания планируется проведение очень значительного объема экспедиционных исследований.

В связи с невозможностью оценки зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод для выпусков сточных из-за отсутствия указанной информации производственный и государственный аналитический контроль, а также локальный мониторинг водных объектов ниже выпусков сточных вод проводится, как правило, на расстоянии 500 м ниже выпуска сточных вод. Это приводит как к заниженным результатам оценки в случае, если реальная зона достаточного 80%-го перемешивания речных и сточных вод составляет менее 500 м, так и к завышенным – если эта зона составляет более 500 м.

Актуальные морфометрические, гидрологические и гидравлические характеристики (особенно для особо маловодных периодов при минимальных среднемесячных расходах 95% обеспеченности) являются необходимыми исходными данными для оценки воздействия сбросов сточных вод на поверхностные водные объекты, а также для нормирования сбросов сточных вод при выдаче разрешений на специальное водопользование и комплексных природоохранных разрешений. Указанные документы являются одним из основных инструментов управления водными ресурсами в Беларуси.

Реестр выпусков сточных вод будет содержать следующую основную информацию:

- географические координаты выпусков сточных вод;
- минимальные среднемесячные расходы воды 95% обеспеченности и среднемноголетние расходы воды в принимающих водных объектах в створах выпусков сточных вод;
- морфометрические и гидравлические характеристики участков водных объектов в указанных выше створах для заданных минимальных расходов воды, включая среднюю глубину потока и ширину потока, среднюю скорость течения;
- длину зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод для участков водных объектов размещения на них выпусков сточных вод.

Разработка реестра выпусков сточных вод ведется поэтапно по областям. Схема выпусков сточных вод на примере Минской области, представлена на рисунке 1. По данным госстатотчетности 1-вода (Минприроды) за 2018 год в области имеется 101 водопользователь, на балансе которых имеется 194 выпусков сточных вод в поверхностные водные объекты. При этом 28 водопользователей, имеющих 38 выпусков сточных вод, в соответствии По-

становлением Минприроды от 11 января 2017 года №5 являются объектами наблюдений локального мониторинга при отведении сточных вод в поверхностные водные объекты.

Научное обоснование реестра выпусков сточных вод для оценки воздействия сбросов сточных вод на поверхностные водные объекты включает методологию получения перечисленной выше информации и определения требуемых для реестра показателей принимающих водных объектов в створах выпусков сточных вод.

Географические координаты выпусков сточных вод определяются на основании их инвентаризации. Инвентаризация выполняется с использованием данных разрешений на специальное водопользование, данных локального мониторинга (ЛМ) водопользователей, базы данных государственного водного кадастра (ГВК) с использованием топографических карт и данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), а также, при необходимости, по результатам экспедиционных исследований.

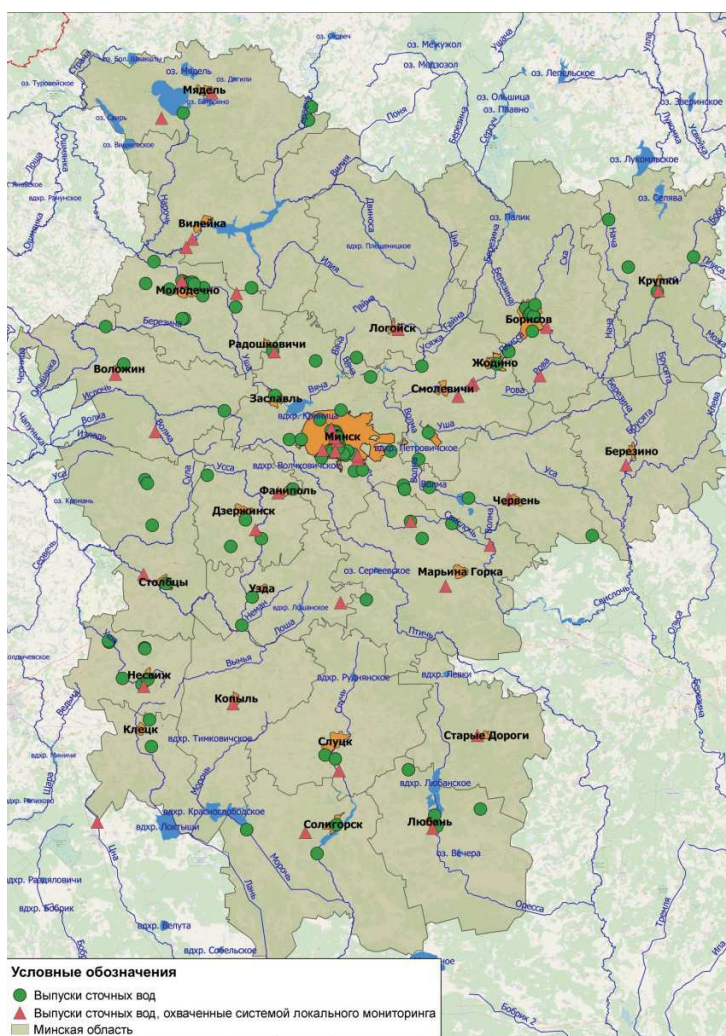


Рисунок 1 – Схема выпусков сточных вод, расположенных в Минской области

Минимальные среднемесячные расходы воды 95% обеспеченности и среднеголетние расходы воды в принимающих водных объектах в створах выпусков сточных вод определяются по результатам гидрологических расчетов.

Гидрологические расчеты для требуемого створа принимающего водного объекта включают определение минимального среднемесячного расхода воды 95% вероятности превышения/ВП (обеспеченности) $Q_{min,95\%ВП}$ и среднеголетние расходы воды $Q_{СМ,50\%ВП}$. При наличии гидрологических наблюдений Белгидромета на данной реке они определяются по ряду наблюдений на имеющемся гидрологическом посту Белгидромета с пересчетом

в требуемый створ реки с использованием ТКП 45-3.04-168-2009 [1] и П1-98 к СНиП 2.01.14-83 [2]. При этом определяются эмпирическая и теоретическая кривые вероятностей распределения расходов воды с определением статистических параметров – коэффициентов вариации C_V и асимметрии C_S . При отсутствии регулярных наблюдений Белгидромета-расходов воды на реке расходы воды заданных обеспеченностей определяются с использованием [1,2] по реке-аналогу, либо, при ее отсутствии – по общим характеристикам водосбора, включая площадь водосбора, его местоположение, длину реки до требуемого створа и ее уклон.

Морфометрические и гидравлические характеристики участков водных объектов в створах выпусков сточных вод определяются путем гидравлических расчетов зависимостей расхода воды от уровня (глубины) воды $f=Q(h)$ и средней скорости течения от уровня (глубины) воды $f=V_{cp}(h)$. Для определения указанных зависимостей выполняются гидрометрические измерения поперечного сечения в требуемом створе реки (промеры глубин потока по сечению) и скоростного режима (рисунок 2), либо используются известные для данного участка реки расходы воды с соответствующими известными средними глубинами потока.



Рисунок 2 – Пример гидрометрических измерений поперечного сечения и скоростного режима водного объекта в створе выпуска сточных вод

Для определения расходов воды по данным скоростного режима используется МВИ 107-94 [3]. Пример результатов гидрометрических измерений и определения по ним расхода воды приведен на рисунке 3. Зависимости $f=Q(h)$ и $f=V_{cp}(h)$ определяются гидравлическими расчетами по формуле Шези для определения пропускной способности (модуля расхода K) с учетом результатов определения расхода воды по измеренным скоростям течения, либо заданным расходам воды при известных, соответствующих, средних глубинах и скоростях течения.

Пропускная способность или «модуль расхода» (максимальный расход воды при уклоне $I=I$), определяется по формуле:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \omega C \sqrt{R} \quad (1)$$

где R – гидравлический радиус определяется как отношение площади сечения к смоченному периметру:

$$R = \frac{\omega}{P} \quad (2)$$

Для определения скоростного множителя Шези C используются следующие формулы: Агроскина – в случае, если $R \geq I$:

$$C = 7,696 \ln R + \frac{1}{N} \quad (3)$$

Срибного – в случае, если $R < I$:

$$C = \frac{1}{N} R^{1,18\sqrt{N}} \quad (4)$$

Приведенный коэффициент шероховатости N определяется как средневзвешенное значение локальных вдоль участка периметра поперечного сечения коэффициентов шероховатостей n_i или рассчитывается по специальной методике, представленной в [4].

Для определения кривых $f=Q(h)$ и $f=V_{cp}(h)$ используются расчетные площади поперечного сечения при заданных глубинах, коэффициенты Шези, определенные с использованием зависимостей (3)-(4), а также расчетный гидравлический уклон. Гидравлический уклон определялся по известному расходу воды в поперечном сечении и рассчитанному при соответствующей средней глубине потока модулю расхода. Далее расчетный гидравлический уклон используется при определении кривых $f=Q(h)$ и $f=V(h)$ (рисунок 4) для других требуемых расходов, включая минимальный среднемесячный 95%ВП.

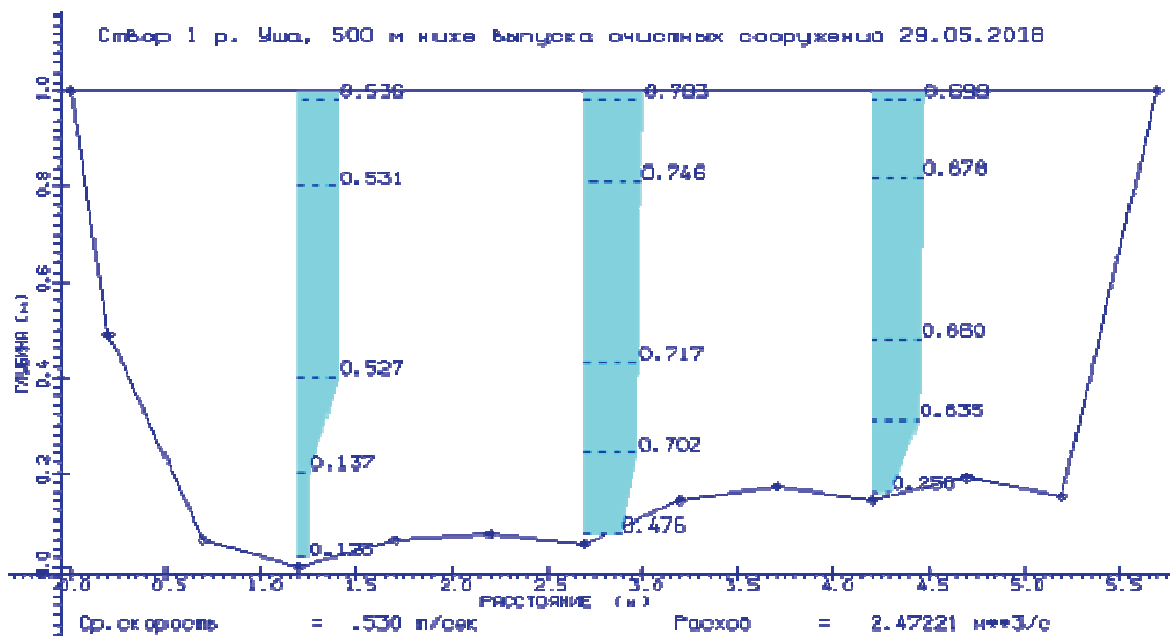


Рисунок 3 – Пример результатов гидрометрических измерений и определения по ним расхода воды: река Уша ниже сброса с очистных сооружений (г. Молодечно, Минская область)

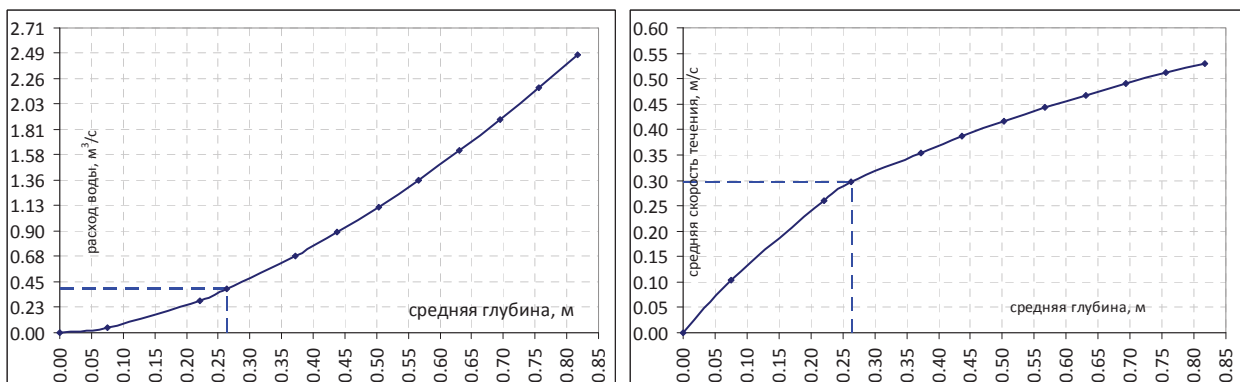


Рисунок 4 – Пример зависимостей $f=Q(h)$ (слева) и $f=V(h)$: река Уша ниже сброса с очистных сооружений (г. Молодечно, Минская область)

Длина зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод определяется с использованием метода Фролова – Родзиллера [5]. Данный метод является основным методом для оценки расчета разбавления загрязняющих веществ при выполнении прогностических расчетов переноса тепла и примесей по речной сети, а также при определении нормативов допустимых сбросов в водные объекты. Основой метода является расчеты длины пути смешения загрязняющих веществ, кратности разбавления и средних концентраций загрязняющих веществ вдоль реки по формулам, полученным на основании аналитических решений уравнений турбулентной диффузии, которыми описываются процессы переноса тепла и загрязняющих веществ в водотоках. Эти теоретические решения получены с применением наиболее жестких критериев и коэффициентов. Поэтому расчеты с использованием метода Фролова – Родзиллера позволяют учесть самые неблагоприятные (консервативные) условия для формирования, соответственно, наиболее жестких экологических ограничений. Длина участка зоны достаточного (80%) перемешивания речных вод и сточных вод определяется по следующей зависимости:

$$L = \left[\frac{2,3}{\alpha} \lg \left(\frac{\gamma Q + q}{(1-\gamma)q} \right) \right]^3, \quad (5)$$

где γ – коэффициент, характеризующие степень достаточного перемешивания речных и сточных вод, при 80% степени перемешивания равен 0,8; Q – расход воды в реке, м³/с; q – расход сточных вод, м³/с;

$$\alpha = m K_{изв.} \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (6)$$

где m – коэффициент, характеризующий расположение выпуска загрязняющих веществ =1 если у берега, = 1.5 если по фарватеру; $K_{изв.}$ – коэффициент извилистости реки; D – коэффициент турбулентной диффузии в продольном направлении, вычисляется на основании анализа теоретических и экспериментальных исследований [4], для равнинных водотоков, а также при приближенных расчетах допускается определять по формуле М.В. Потапова:

$$D = \frac{V_{ср.} H_{ср.}}{200}, \quad (7)$$

где $V_{ср.}$ – средняя скорость течения в поперечном створе реки, м/с; $H_{ср.}$ – средняя глубина потока, м.

Практическое применение формулы (7) приводит к завышенным значениям длины участка зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод, так как при расчете коэффициента турбулентной диффузии не учитывается неравномерность потока по ширине реки и шероховатость русла, которая учитывается в определении коэффициентов Шези и пропускной способности поперечного сечения. Поэтому для расчета коэффициента турбулентной диффузии используется следующая уточненная формула [5]:

$$D = \frac{9.82 K_{нер.} V_{ср.} H_{ср.}}{CK_C}, \quad (8)$$

где $K_{нер.}$ – коэффициент неравномерности изменения глубины потока по его ширине, равен отношению максимальной глубины к средней $K_{нер.} = H_{макс.} / H_{ср.}$; C – коэффициент Шези, который определяется по формулам (3)-(4); K_C – коэффициент, зависящий от коэффициента Шези C : если $C > 60$ $K_C = 0.7C + 6$; если $C \leq 60$ $K_C = 48$.

Пример макета реестра выпусков сточных вод приведен в таблице 1.

| | | |
|----|---|---|
| 1 | № п/п | |
| 2 | Административно-территориальная единица | |
| 3 | Наименование водопользователя | |
| 4 | Категория сточных вод | |
| 5 | Наименование принимающего водного объекта | |
| 6 | Населенный пункт | Местоположение выпуска сточных вод |
| 7 | Широта | |
| 8 | Долгота | |
| 9 | Площадь водосбора, км ² | |
| 10 | Уклон реки, ‰ | |
| 11 | Длина реки, км | |
| 12 | Годовой объем сброса, тыс. м ³ | |
| 13 | Наличие очистных сооружений, их тип | |
| 14 | Относится ли к объекту локального мониторинга | |
| 15 | Наличие регулярных гидрологических наблюдений | |
| 16 | Расход воды, м ³ /с | Характеристики при минимальных среднемесячных расходах воды 95%ВП |
| 17 | Ширина, м | |
| 18 | Средняя глубина, м | |
| 19 | Средняя скорость, м/с | |
| 20 | Средне-много-летний расход воды, м ³ /с | |
| 21 | Длина зоны достаточного (80%) перемешивания речных и сточных вод, м | |

Таблица 1 – Пример макета реестра выпусков сточных вод

Список использованных источников

1. ТКП 45-3.04-168-2009 «Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения».
2. П1-98 к СНиП 2.01.14-83 «Определение расчётных гидрологических характеристик».
3. МВИ 107-94 «МВИ. Расход воды в каналах методом «скорость-площадь» с интерполяцией измеренных скоростей на промерные вертикали» (Минск, 1994 г.)».
4. Рогунович В.П. Автоматизация математического моделирования движения воды и примесей в системах водотоков.– Л.: Гидрометеиздат, 1989.-263 с
5. Усовершенствованные методы прогностических расчетов распространения по речной сети высокозагрязненных вод с учетом форм миграции наиболее опасных загрязняющих веществ. Рекомендации// ГУ «Гидрохимический институт» Росгидромета, Ростов на Дону: 2008 г., 166 с.

Е.П. Богодяж, Е.Л. Василенок, П.В. Пальчех

Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды»

МОНИТОРИНГ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

В целях своевременного выявления негативных процессов, прогнозирования их развития, предотвращения вредных последствий и определения степени эффективности мероприятий, направленных на рациональное использование и охрану поверхностных вод, в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь проводится мониторинг поверхностных вод, представляющий собой систему регулярных наблюдений за состоянием поверхностных вод по гидрологическим, гидрохимическим, гидробиологическим показателям [1].

Периодичность проведения наблюдений по гидрохимическим показателям в зависимости от водности водотоков составляет от 7 до 12 раз в году с цикличностью от 1 до 3 лет, на водоемах – ежеквартально с цикличностью 1 раз в 2 года. Наблюдения по гидробиологическим показателям проводятся в вегетационный период с цикличностью 1 раз в 1–2 года.

Гидрохимические параметры включают элементы основного солевого состава, показатели физических свойств и газового состава, органические и биогенные вещества, металлы. Наблюдения по гидробиологическим показателям осуществляются по основным сообществам пресноводных экосистем: фитопланктоном, зоопланктоном и хлорофиллом-а – в водоемах, фитоперифитоном и макрзообентосом – в водотоках [2].

В последние годы развиваются наблюдения на водотоках по гидроморфологическим показателям в соответствии с европейскими подходами, а также наблюдения за донными отложениями, которые депонируют загрязняющие вещества.

За достаточно длительный период – наблюдения по гидрохимическим показателям начались в 40-е годы прошлого столетия – накопились длинные ряды данных, позволяющие судить об изменении антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты.

При подготовке аналитической информации применяется несколько методов оценки состояния водных экосистем:

- показатели экологической безопасности в области охраны вод;
- показатели качества воды и предельно допустимые концентрации химических веществ в воде поверхностных водных объектов (ПДК);
- биоиндикация;
- оценка гидробиологического и гидрохимического статусов.

Поскольку основной задачей мониторинга поверхностных вод является удовлетворение информационных потребностей органов государственного управления, то с учетом совре-