

Рассматривая динамику и диапазоны колебаний концентраций загрязняющих веществ (таблицы 2-4) во всех водных объектах и за весь период наблюдений можно отметить, что четкой закономерности в отношении изменения качественных показателей под влиянием свиноводческих комплексов пока не наблюдается. Так для всех водотоков показатели БПК₅ варьируют в довольно узких пределах, однако колебания разнонаправленные и не зависят от сезона наблюдений. Для азота аммонийного отмечено накопление в августе по отношению к маю в 2015 г., а в дальнейшем – снижение, вплоть до практического отсутствия в августе текущего года. Во всех водных объектах наименьшее содержание нитритов зафиксировано в мае текущего года при разнонаправленных колебаниях в остальные периоды, в целом же ситуация в отношении этого компонента в 2017 г. улучшилась. Для концентрации фосфора фосфатного и общего четко зафиксирован рост в р. Усвяча и оз. Езерище, а для остальных водных объектах сезонные колебания наблюдались в разных направлениях.

Анализируя в целом гидрохимическое состояние исследуемых водных объектов за весь период наблюдений 2015 и 2017 гг., можно отметить, что устойчивых тенденций в отношении изменения качества вод, за исключением ХПК, под влиянием свиноводческих комплексов пока не наблюдается. Однако, учитывая зафиксированные превышения ПДК в отношении азота аммонийного и нитритного в р. Уща и р. Оболь в 2015 г. и фосфора общего в р. Усвяча в текущем году, а также устойчивое накопление трудно окисляемых веществ, целесообразно продолжить наблюдения за качеством вод трансграничных объектов, на водосборах которых функционируют свиноводческие комплексы, поскольку с течением времени риски загрязнения водных объектов будут усугубляться в связи с вводом всех комплексов в эксплуатацию, возрастанием объема стоков, увеличением, как площадей сельхозугодий на водосборе для принятия переработанных стоков, так и нагрузки на них.

Список использованных источников

- 1 О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1997 году: Государственный доклад // Зеленый мир. – 1998. – № 25. – С. 9.
- 2 Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий ВЛТП 2-96. Минсельпрод России – Москва, 1998.
- 3 Демидов, А.Л., Кузьмин, С.И., Воробьев, Д.С., Рудаковский, И.А., Олешкевич, О.М. Состояние поверхностных вод трансграничных водотоков в бассейне реки Западная Двина, поступающих с территории Российской Федерации. // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения: материалы межд. научно-практической конференции, Витебск, 29-30 ноября 2016 г. / Витеб. Гос. ун-т. – С. 36-37.

УДК 556.5 (1/9)

Е.Е. Петлицкий, С.Н. Скуратович, Н.А. Асмаловский

Республиканское унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

ЛИМИТИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТОКА МАЛЫХ ТРАНСГРАНИЧНЫХ ВОДОТОКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА С УЧЕТОМ АДАПТАЦИИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Исследуемая приграничная территория бассейна реки Западная Двина отличается достаточно сложной гидрографической сетью. Большое количество средних, малых и очень малых рек пересекают границу между Витебской областью Республики Беларусь, Псковской и Смоленской областями Российской Федерации, то есть речной сток частично формируется на территории Республики Беларусь, а устья этих рек уже расположены в

пределах Российской Федерации. И наоборот, истоки основных правых притоков реки Западная Двина формируются на территории Российской Федерации и плавно переходят на территорию Витебской области Республики Беларусь в бассейне Западной Двины.

Для достижения гидроэкологического благополучия трансграничных водных объектов требуется особый подход, основанный на концепции управления водными ресурсами в рамках международного сотрудничества.

В 2015 году проведены экспедиционные исследования малых трансграничных водотоков бассейна Западной Двины для выполнения расчетов характеристик лимитирующего стока и их прогноза с учетом изменения климата при отсутствии фондовых данных.

Сделано обобщение закономерности формирования минимального стока в летне-осенние периоды времени с учетом современного состояния климата; выполнены расчеты характеристик лимитирующего стока и их прогноз с учетом изменения климата при отсутствии фондовых данных с использованием результатов проведенных экспедиционных исследований, характеристик трансграничных водосборов.

Для выполнения исследований по расчету лимитирующих характеристик стока малых трансграничных рек бассейна Западной Двины были проанализированы полученные ранее расчетные данные о возможных сдвигках лимитирующих месяцев в многолетнем разрезе по бассейнам рек Беларуси.

Выявлены причины изменения в минимальном стоковом режиме; проанализированы изменения климатических показателей влияющих на речной сток; представлены результаты расчетов нормативных лимитирующих расходов воды и модуль 95 % обеспеченности минимального летне-осеннего и зимнего стока; обозначены изменения важнейших климатических показателей в бассейне Западной Двины на территории Беларуси на период 2021-2050 гг. (для среднего значения 2035 г.).

Основная доля исследуемых трансграничных рек в пределах Псковской, Смоленской и Тверской областей – это малые и средние реки с площадями водосбора от 46,4 км² (р. Чернец) до 18000 км² (р. Западная Двина) и соответственно длиной от 6,0 км до 338 км, формирующихся полностью на территориях Псковской, Тверской и Смоленской областей. Через Государственную границу в направлении с севера на юг водотоки переходят на территорию Витебской области Республики Беларусь [1]. Из 9 трансграничных рек наиболее крупная река Западная Двина, а остальные реки относятся к градации средних и малых.

Основная доля исследуемых трансграничных рек в пределах Витебской области – это малые реки с площадями водосбора от 4,2 км² (р. Балазна) до 536 км² (р. Овсянка) и соответственно длиной от 1,0 км до 76,0 км, формирующиеся полностью на территории Витебской области Республики Беларусь. Через Государственную границу в направлении с юга на север водотоки переходят на территорию Псковской и Смоленской областей Российской Федерации. Из 10 трансграничных рек только р. Ловать относится к средним водотокам, а остальные реки относятся к градации малых и очень малых.

Для окончательной корректировки лимитирующих расходов воды в меженный летне-осенний период были проведены полевые экспедиционные исследования по режиму минимального стока в данный период на малых неизученных трансграничных водотоках в бассейне реки Западная Двина.

Для расчета лимитирующих характеристик стока по водотокам неохваченных регулярными наблюдениями, выбрано в бассейне Западной Двины 19 рек с общей площадью водосбора 29505 км². Из них 9 рек, это реки которые формируются на территории Псковской, Смоленской и Тверской областей и через границу перетекают на территорию Витебской области (Свольна, Ниша, Уща (Дрисса), Полота, Чернец, Оболь, Усвяча, Западная Двина и Каспля). 10 рек формируются на территории Витебской области и перетекают на территории Псковской и Смоленской областей (канал «Дегтеревка», Ведетица, Воронка, Ловать, Овсянка, Мельника, Ладыгино, Балазна, Сухая Поленница и Колышанка). Необходимо отметить, что выбраны все водотоки пересекающие в двух направлениях по линии Государственной границы по выше перечисленным областям в Российской Федерации и

Республики Беларусь. На долю рек формирующихся в Российской Федерации приходится 28090 км² или 95 % от общей площади водосбора. На долю рек формирующихся в Республике Беларусь приходится 1415 км² или 5 % от общей площади водосбора.

На современном этапе в водохозяйственной практике принято, что экологическая безопасность и гидрологическая обеспеченность реки сохраняется при расходе воды в размере 75 % минимального среднемесячного расхода воды в год 95 % вероятности превышения годового стока. Такой подход является достаточно упрощенным и не основывается на глубоком исследовании особенностей формирования минимальных расходов воды в принципе.

В качестве критических, комплексных универсальных характеристик приняты следующие показатели: относительное внутригодовое помесечное распределение стока, характерное для маловодных периодов на данной реке; характеристика продолжительности стояния суточных расходов воды в течение года, то есть наиболее вероятные значения по материалам наблюдений расходов воды, соответствующие продолжительности стояния за 30, 90, 180, 270 и 355 дней для данного створа на реке [2].

Результаты расчетов нормативных лимитирующих расходов воды и модуль 95 % обеспеченности минимального летне-осеннего и зимнего стока малых трансграничных водотоков не охваченных регулярными наблюдениями в бассейне реки Западная Двина поступающих с территории Республики Беларусь на территорию Российской Федерации сведены в таблицу 1.

Данные, представленные в 2013 г. в материалах пятого доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), свидетельствуют о том, что изменение климата является неоспоримым фактом, который подтверждается наблюдениями за повышением глобальной средней температуры воздуха и океанов, широко распространенным таянием снега и льда, повышением уровня Мирового океана [3].

В наиболее общем виде по сценариям изменения климата на период 2021-2050 гг. (для среднего значения 2035 г.) для бассейна реки Западная Двина можно сформулировать следующие выводы:

- в среднем за год повышением температуры воздуха на 1,4-1,8 °С с максимальным повышением температуры в зимние и весенние месяцы (на 2,7-3,2 °С);
- в среднем за год увеличением осадков на 2,5-5,4 % с незначительным уменьшением количества осадков в летние месяцы и увеличением количества осадков в другие месяцы.

Для прогнозных оценок изменения стока рек бассейна Западной Двины адаптирован метод гидролого-климатических расчетов (ГКР), предложенный В.С. Мезенцевым [4], основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов. Как следует из результатов прогнозов, среднегодовой сток в бассейне реки Западная Двина может измениться незначительно, причем в пределах двух процентов оценивается как его прогнозное снижение (на большей части бассейна реки), так и увеличение, что в принципе находится в пределах погрешности гидрологических расчетов. Лишь в районе населенных пунктов Оболь и Шарковщина может прогнозироваться увеличение среднегодового поверхностного стока до 6%, что также не является значительным.

Вместе с тем, как следует из прогноза изменения поверхностного стока, в бассейне реки Западная Двина наиболее проблемный период – летне-осенняя межень. В этот период сокращение поверхностного стока может составить максимально до 40%. Поэтому значимыми и необходимыми являются прогнозы стока для летне-осеннего периода, которые представлены далее в таблице 2.

Для зимнего периода прогноз является более благоприятным, сокращение поверхностного стока не прогнозируется, и, вероятнее всего, можно ожидать даже его незначительного увеличения – максимально, на 10 %. Поэтому основное внимание при прогнозе стока неизученных малых трансграничных водотоков в бассейне реки Западная Двина уделено маловодным условиям летне-осенней межени.

Таблица 1 – Нормативные лимитирующие расходы воды (м³/с) и модуль 95% обеспеченности минимального летне-осеннего и зимнего стока (л/с км²) малых трансграничных водотоков не охваченных регулярными наблюдениями в бассейне р. Западная Двина, поступающих с территории Республика Беларусь на территорию Российской Федерации

N/N	Трансграничный водосбор реки	Площадь водосбора, км ²	Среднегодовой расход воды в маловодный год, м ³ /с	Нормативные минимально допустимые расходы воды, не подлежащие изъятию по месяцам, м ³ /с												Модуль стока 95% обеспеченности, л/с км ²	
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	летне-осенний	зимний
1.	Канал «Дегтяревка»	259	1,07	0,060	0,071	0,11	0,17	0,16	0,064	0,046	0,045	0,052	0,072	0,088	0,13	0,30	0,49
2.	Ведетица	40,0	0,20	0,012	0,009	0,009	0,058	0,037	0,011	0,006	0,0050	0,007	0,006	0,018	0,018	0,063	0,099
3.	Воронка	11,3	0,070	0,0020	0,0014	0,0057	0,030	0,012	0,0041	0,0019	0,0011	0,0013	0,0017	0,0023	0,0070	0,005	0,027
4.	Ловать	483	2,98	0,075	0,063	0,24	1,27	0,51	0,17	0,080	0,048	0,054	0,072	0,098	0,30	1,75	1,17
5.	Мелынка	43,2	0,27	0,0068	0,0057	0,022	0,115	0,046	0,016	0,0073	0,0043	0,0049	0,0065	0,0089	0,027	0,16	0,10
6.	Ладыгино (Конищевка)	20,0	0,073	0,0010	0,0010	0,017	0,027	0,0047	0,0023	0,0053	0,0063	0,0031	0,0019	0,0027	0,0010	0,012	0,0050
7.	Балазна	4,2	0,015	0,0001	0,0001	0,0037	0,0057	0,0010	0,0005	0,0011	0,0013	0,0010	0,0004	0,0006	0,0002	0,0025	0,0010
8.	Сухая Поленница	8,5	0,031	0,0002	0,0002	0,0074	0,011	0,0020	0,0010	0,0023	0,0027	0,0013	0,0008	0,0011	0,0004	0,0052	0,0021
9.	Кольшанка	9,6	0,035	0,0002	0,0003	0,0084	0,013	0,0023	0,0011	0,0025	0,0030	0,0015	0,0009	0,0013	0,0001	0,0058	0,0023
10.	Чернец*	170	0,86	0,051	0,038	0,038	0,25	0,16	0,047	0,025	0,023	0,028	0,046	0,076	0,078	0,27	0,42

Примечание: Чернец* – водоток поступающий с территории Российской Федерации на территорию Республики Беларусь

Таблица 2 – Результаты оценки изменения поверхностного стока для летне-осеннего периода (как наиболее проблемного с учетом прогноза изменения климата и поверхностного стока) для исследуемых малых трансграничных водотоков

N/N	Трансграничный водосбор реки	Площадь водосбора, км ²	Средне-годовой расход воды в маловодный год, м ³ /с	Модуль стока 95% обеспеченности (q , л/с км ²), прогноз его изменения на период 2016-2050 гг. ($q_{пр}$, л/с км ²); прогнозный расход воды ($Q_{пр}$, м ³ /с), а также МДРВ НПИ ($Q_{МДРВ\ НПИ}$, м ³ /с) с учетом изменения климата для летне-осеннего периода			
				q	$q_{пр}$	$Q_{пр}$	$Q_{МДРВ\ НПИ}$
1.	Канал «Дегтярев-ка»	259	1,07	0,30	0,21	0,054	0,045
2.	Ведетица	40,0	0,20	0,063	0,044	0,0018	0,005
3.	Воронка	11,3	0,070	0,005	0,0035	0,0	0,0011
4.	Ловать	483	2,98	1,75	1,23	0,594	0,048
5.	Мельнка	43,2	0,27	0,16	0,112	0,0048	0,0043
6.	Ладыгино (Конищевка)	20,0	0,073	0,012	0,0084	0,00017	0,0019
7.	Балазна	4,2	0,015	0,0025	0,0018	0,0	0,0004
8.	Сухая Поленница	8,5	0,031	0,0052	0,0036	0,0	0,0008
9.	Кольшанка	9,6	0,035	0,0058	0,0041	0,0	0,0009
10.	Чернец*	170	0,86	0,27	0,189	0,032	0,023

Примечания: Чернец* – водоток, поступающий с территории Российской Федерации на территорию Республики Беларусь;
МДРВ НПИ - минимально допустимый расход воды, не подлежащие изъятию в течение летнего и зимнего периодов, м³/с;
Если значение расхода меньше 0,0001 м³/с, оно считается равным нулю.

На основании выполненной оценки прогноза изменения климата и поверхностного стока можно сделать следующие выводы о вероятности изменения поверхностного стока:

- вероятно незначительное сокращение среднегодового поверхностного стока (до 10 %);
- вероятно значительное прогнозное сокращение поверхностного стока в бассейне реки Западная Двина в летне-осенний период (на 10-40 %) за счет более теплого и сухого летне-осеннего периода;
- вероятно незначительное прогнозное увеличение стока в зимний период (до 10 %) за счет более теплых зим и оттепелей.

Из выполненных расчетов прогноза поверхностного стока с учетом изменения климата следует, что вероятное значительное прогнозное сокращение поверхностного стока в летне-осенний период особенно негативно может сказаться на малых водотоках, среднегодовой расход воды которых в маловодный год в современных условиях составляет менее 50,0 л/с. При этом вообще может произойти усыхание этих водотоков и прекращение их функционирования как водных объектов. Этот вывод также подтвердили экспедиционные исследования, проведенные в августе 2015 года в период экстремальной летней межени.

В результате выполненных работ была получена полная и надежная информация об основных статистических характеристиках многолетних рядов минимальных среднемесячных расходов воды за период зимней и летне-осенней межени. Статистические характеристики стока рек в меженные периоды (зима и лето-осень) в бассейне р. Западная Двина представлены в таблице 3.

Почти на всех реках в бассейне р. Западная Двина выявлена тенденция к повышению водности в зимнюю межень на 30-70 %, также произошли изменения в структуре меженных периодов. За последние 30 лет были отмечены тенденции в смещении частоты попадания минимального расхода в течение года с зимних периодов на летне-осенние периоды.

Таблица 3 – Статистические характеристики меженных периодов (зима и лето-осень) трансграничных рек на границе Республики Беларусь и Российской Федерации в бассейне реки Западная Двина.

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Межень	Средний расход воды, м ³ /с (Q ср)	Прогнозный расход воды (средний за период), м ³ /с (Qпр)	Коэффициент вариации (Cv)	Ординаты эмпирических кривых обеспеченностей, м ³ /с					Наименьший средне-месячный расход воды, м ³ /с (Q мин)	Прогнозный наименьший среднемесячный расход воды, м ³ /с (Q мин пр)
							50%	75%	80%	90%	95%		
1.	р. Западная Двина – ГГРБ с РФ*	18000	зима	49,61	52,6	0,55	44,08	31,48	28,89	21,40	16,41	6,44	6,83
			ЛО	46,98	32,89	0,56	39,10	29,41	27,30	22,81	19,88	14,18	9,22
2.	р. Усвяча – ГГРБ с РФ	1910	зима	6,02	6,1	0,52	5,78	3,22	2,98	2,68	1,46	1,40	1,43
			ЛО	6,24	4,37	0,40	3,71	2,86	2,62	2,25	2,19	2,13	1,49
3.	р. Овсянка – ГГРБ с РФ	594	зима	1,87	2,00	0,52	1,80	1,00	0,93	0,83	0,45	0,45	0,48
			ЛО	1,23	0,86	0,40	1,15	0,89	0,81	0,70	0,68	0,66	0,46
4.	р. Оболь – ГГРБ с РФ	281	зима	0,77	0,83	0,65	0,69	0,41	0,33	0,16	0,078	0,012	0,013
			ЛО	0,60	0,42	0,56	0,57	0,38	0,31	0,23	0,14	0,078	0,055
5.	р. Полота – ГГРБ с РФ	157	зима	0,67	0,72	0,54	0,60	0,39	0,35	0,31	0,24	0,10	0,108
			ЛО	0,43	0,32	0,62	0,37	0,24	0,23	0,19	0,15	0,066	0,046
6.	р. Уща (Дрисса) – ГГРБ с РФ	1380	зима	7,70	8,16	0,36	7,26	5,68	5,41	4,49	3,81	3,03	3,27
			ЛО	5,06	3,80	0,41	4,70	3,79	3,55	2,97	2,76	2,43	1,70
7.	р. Ница – ГГРБ с РФ	520	зима	1,99	2,15	0,68	1,66	1,03	0,96	0,83	0,68	0,36	0,39
			ЛО	1,16	0,87	0,73	0,95	0,72	0,68	0,52	0,42	0,17	0,13
8.	р. Свольна – ГГРБ с РФ	540	зима	2,06	2,22	0,62	1,87	1,82	1,65	1,49	1,15	2,45	2,65
			ЛО	1,71	1,28	0,39	1,55	1,34	1,28	0,97	0,91	0,63	0,47
9.	Р. Каспля – ГГРБ с РФ	4870	зима	13,4	14,47	0,53	11,9	8,52	7,82	5,79	4,44	1,74	1,86
			ЛО	12,7	9,53	0,55	10,6	7,96	7,39	6,17	5,38	3,84	2,69

Примечания: «ЛО» – «лето – осень»;

ГГРБ с РФ* - Государственная граница Республики Беларусь с Российской Федерацией

Проведенный анализ величин меженного минимального стока показал, что величина модуля минимального летне-осеннего стока меньше зимнего для бассейна р. Западная Двина – на 22-68 %. Очевидно, что на реках бассейна Западной Двины в зимнюю межень формируется сток, превышающий его величины в летне-осеннюю межень.

В результате проведенных исследований для всех гидрологических створов в бассейне р. Западная Двина были выделены периоды в наблюдениях, когда минимальный сток зимней и летне-осенней межени определялся как претерпевший количественные изменения за весь период наблюдений за стоковым режимом. Можно говорить о том, что в формировании меженного минимального стока на реках в бассейне Западной Двины на современном этапе произошли существенные изменения, которыми уже нельзя пренебрегать при решении различных водохозяйственных задач.

Список использованных источников

1 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье Ч. I. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. – 718 с.

2 Рекомендации по расчету минимально допустимых расходов воды, не подлежащих изъятию из рек, в условиях Республики Беларусь // Минск, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 2003.

3 Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [Резюме для политиков]. – Женева: МГЭИК, 2013. – 28 с. // Материалы МГЭИК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> – Дата доступа: 11.08.2015 г.

4 Мезенцев, В.С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования/ В.С. Мезенцев // Водные ресурсы, 1995. – Том 22, №3. – С. 299-301.

УДК 504.453

А.В. Яцык¹, академик НААН Украины, д-р техн. наук, проф.;

И.А. Пашенюк¹, канд. эконо. наук; И.В. Гопчак², докторант, доц., канд. геогр. наук;

Т.А. Басюк³, доц., канд. геогр. наук

¹Украинский научно-исследовательский институт водохозяйственно-экологических проблем, г. Киев, ²Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, г. Киев,

³МЭГУ им. Степана Демьянчука, г. Ровно, Украина

КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЗАПАДНОГО ПОЛЕСЬЯ УКРАИНЫ

Характеристика состава и свойств воды как компонента водной экосистемы и среды обитания гидробионтов, а также пригодности ее для конкретных целей использования человеком называется - качеством воды. Определение качества поверхностных вод основывается на основе экологической классификации, которая включает набор гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и других показателей, которые отражают особенности составляющих водных экосистем. Экологическая классификация является критериальной базой экологической оценки качества поверхностных вод, а последняя является составной частью нормативной базы для комплексной характеристики состояния окружающей природной среды и основой для оценки влияния человеческой деятельности на окружающую среду, в том числе и воду [1].

Экологическая оценка (ЭО) качества воды – отнесение вод до определенного класса и категории согласно с экологической классификацией на основе анализа значений показателей (критерий) ее составу и свойств с последующим их вычислением и интегрированием. Что дает информацию о воде как составной водной системы, жизненной среде гидробионтов и важную часть природной среды, в которой обитает человек. А также основой