

к зимним паводкам. Этот процесс несколько нивелируется увеличением густоты речной сети посредством строительства мелиоративных каналов, что вызывает рост максимальных расходов за счет уменьшения времени добегания воды к замыкающему створу. Тем не менее наиболее существенное уменьшение максимальных расходов весеннего половодья наблюдается после вдхр. Селец, так как в этот период происходит наполнение водохранилища.

Противоположная картина наблюдается с минимальным летне-осенним стоком рек. Здесь повышение стока происходит лишь в пределах Полесской низменности. На остальной территории Беларуси изменений в основном нет. Увеличение минимального летне-осеннего стока связано с осушительными мелиорациями, в результате которых были частично сброшены вековые запасы грунтовых вод верхнего горизонта. Кроме того, произошло сгущение проводящей сети. Ранее влага накапливалась в торфяном болоте и расходовалась на испарение, а после устройства осушительных каналов уменьшились пути фильтрации и поверхностного стока, воды быстрее попадают в систему мелиоративных каналов, что приводит к увеличению минимального летне-осеннего стока и уменьшению суммарного испарения. Важной составляющей в увеличении минимального летне-осеннего стока в среднем и нижнем течении Ясельды играют и попуски из вдхр. Селец летом и осенью.

Существенно увеличился минимальный зимний сток. Это связано в первую очередь с изменением климата. Частые и длительные оттепели, наблюдаемые в последнее время, привели к значительному росту минимальных зимних расходов. Наибольшее увеличение наблюдается на юго-западе водосбора и закономерно уменьшается на северо-запад, аналогично температурным изменениям на водосборе.

Таким образом, изменения годового и минимального летне-осеннего стока рек бассейна Ясельды вызваны в основном крупномасштабными осушительными мелиорациями путем углубления вертикальной зоны дренирования верхних водоносных горизонтов земной поверхности на территории Полесья. Увеличение зимней межени и уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья – взаимосвязанные процессы, и их основной причиной является глобальное и региональное потепление климата. Не последнюю роль в изменении водного режима Ясельды оказало и создание вдхр. Селец, которое внесло существенный вклад в изменение водного режима реки во все характерные периоды.

### **5.12. Трансформация водного режима рек при различных сценариях климата будущего**

Водным ресурсам присуща динамика, а их комплексное и рациональное использование невозможно без прогноза колебаний и изменений во времени. Характер колебаний водных ресурсов определяется климатическими факторами, но, начиная со второй половины XX в., роль антропогенной составляющей в ряде случаев становится соизмеримой с природными воздействиями. Таким

образом, можно констатировать, что конец XX – начало XXI в. характеризуется направленной климатической изменчивостью и повышением антропогенной нагрузки на сток рек, особенно малых. Это не могло не сказаться на факторах формирования стока малых рек, их гидрологическом режиме и гидроэкологическом состоянии. Кроме того, воздействия антропогенных факторов на водный режим рек имеют как разнонаправленный характер, что компенсирует влияние, так и однонаправленный, что, в свою очередь, усиливает трансформацию водного режима.

В настоящее время существует три основных направления прогнозирования изменения климата [49]:

- сложные модели общей циркуляции атмосферы, которые удовлетворительно описывают общие закономерности изменений климата при больших потеплениях, при этом прогноз деталей изменения климата весьма проблематичен;

- палеогеографические аналоги в климатах прошлого и настоящего, как правило, никогда не бывают полными из-за изменений в геологическом прошлом географических и геофизических условий, важных для климата исследуемой территории;

- данные инструментальных наблюдений, показывающие закономерности формирования современной климатической системы, крайне важны для оценки условий, складывающихся на начальном этапе глобального потепления. При этом модели могут не отражать особенностей поведения климатической системы, возникших при быстром потеплении.

Анализ работ, посвященных прогнозам изменения климата в будущем, показывает, что средняя глобальная приземная температура воздуха с конца XIX в. до последнего времени возросла на 0,4–0,5 °C для всех континентов в зоне 35°–70° северной широты, за период времени с 1890 г. количество атмосферных осадков увеличилось на 6,0 %. Что касается изменения глобального климата на отдаленную перспективу, то однозначного прогноза не существует, так как результаты в значительной степени зависят от принятой гипотезы антропогенных воздействий (в первую очередь от скорости нарастания CO<sub>2</sub> в атмосфере) и от используемых модельных построений [170].

Рост количества осадков при потеплении климата по модельным оценкам должен наблюдаться в высоких широтах, а падение – в низких. Граница раздела проходит по 50°–55° северной широты, что позволяет прогнозировать небольшие изменения осадков на территории Беларуси при потеплении климата.

В целом для зоны северного полушария, соответствующей расположению речных бассейнов Беларуси, ожидается увеличение температуры воздуха на 2–4 °C, а изменение атмосферных осадков (увеличение или уменьшение) на 0–15,0 % от современного уровня [42].

Первыми трудами, посвященными изменению водных ресурсов в Беларуси в связи с изменением климата, являются работы А. Г. Гриневич, В. Н. Плужникова [42] и В. Ф. Логинова [62, 69]. Исходя из расчетов на основе уравнений

линейной множественной регрессии и других методов по трансформированному архиву в соответствии с принятыми гипотезами авторами работы [42] сделаны следующие выводы: уменьшение атмосферных осадков на 5,0 % может привести к уменьшению среднего расхода за гидрологический год на 4,5–8,0 %, а уменьшение атмосферных осадков на 10,0 % – к уменьшению стока на 7,0–16,0 %. Увеличение температуры воздуха при неизменных осадках приводит к незначительному уменьшению стока (3,0 %). Одновременный учет увеличения температуры на 2 °С и уменьшения осадков на 10,0 % приводит к уменьшению речного стока на 13,0–14,0 %.

На основе гидролого-климатической гипотезы В. С. Мезенцева [104] нами разработана многофакторная модель, в основе которой лежит стандартное уравнение водного баланса участка суши с независимой оценкой основных элементов баланса (атмосферные осадки, суммарное испарение и климатический сток) в годовом аспекте. Разработанная модель использована для оценки возможных изменений водных ресурсов рек Белорусского Полесья в зависимости от тех или иных гипотез антропогенного изменения климата и воздействия на характеристики водосборов.

Учитывая важность оценок, направленность и степень изменений параметров стока, гидрологического режима рек Белорусского Полесья для бассейна Ясельды проведены гидролого-климатические исследования оценки изменений ее водного режима, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв, находящихся под сельскохозяйственным использованием и подстилаемых различными по механическому составу минеральными грунтами, в зависимости от занимаемой ими площади. Дополнительно в ходе исследований стояла задача оценить изменения водного режима рек в будущем в условиях прогнозируемого изменения климата с учетом трансформации ландшафтов. Бассейн Ясельды является типичным для Белорусского Полесья по степени антропогенной нагрузки в виде гидротехнических мелиораций и последствий эксплуатации мелиоративных земель, поэтому позволяет интерполировать полученные результаты и на другие бассейны Полесья.

Постановка и проведение эксперимента сопряжено с рядом проблем, в частности с трудоемкостью и большими финансовыми затратами. Кроме этого, очень сложно вычлнить влияние отдельных факторов, поэтому использование математических моделей является одним из наиболее реальных путей решения задачи оценки трансформации водного режима рек.

Для оценки трансформации водного режима рек, вызванной климатическими колебаниями и антропогенными воздействиями, использованы результаты стационарных гидрологических и климатических наблюдений Республиканского гидрометеорологического центра Министерства природных ресурсов и окружающей среды Республики Беларусь, опубликованные в материалах государственных кадастров.

Уравнение водного баланса речного водосбора за некоторый промежуток времени имеет вид [103]

$$Y_K(I) = H(I) - Z(I) \pm \Delta W(I), \quad (5.8)$$

где  $Y_K(I)$  – суммарный климатический сток, мм;  $H(I)$  – суммарные ресурсы увлажнения, мм;  $Z(I)$  – суммарное испарение, мм;  $\Delta W(I)$  – изменение влагозапасов деятельного слоя почвогрунтов, мм;  $I$  – интервал осреднения.

Методика определения суммарного испарения приведена в параграфе 1.5.

Корректировка климатического стока осуществляется с помощью коэффициентов, учитывающих влияние различных факторов на формирование руслового стока:

$$Y_P(I) = k(I)Y_K(I), \quad (5.9)$$

где  $Y_P(I)$  – суммарный русловой сток, мм;  $k(I)$  – коэффициент, учитывающий гидрографические характеристики водосбора;  $Y_K(I)$  – суммарный климатический сток, мм;  $I$  – интервал осреднения.

Метод ГКР реализован нами в виде компьютерной программы «Баланс». Моделирование водного баланса исследуемой реки состоит из двух этапов: настройки модели и собственно моделирования.

На первом этапе необходимо задать координаты центра тяжести водосбора исследуемой реки и основные гидрографические характеристики водосбора. Далее программа из встроенного банка гидрометеорологической информации подбирает реку-аналог с учетом сходства формирования водного режима рек. После получения необходимой информации, изменяя параметры  $W_{HB}$ ,  $r$  и  $n$  производится настройка модели на реку-аналог. Наименьшая влагоемкость почвы  $W_{HB}$  изменяется в пределах от 60 до 220 мм, параметр  $r$  – от 1 до 2,5, параметр  $n$  – от 2 до 3,4 мм. При настройке модели преследуется цель достичь наибольшего соответствия рассчитанного климатического стока и руслового стока реки-аналога. Первый этап заканчивается построением графиков климатического и руслового стока и выводом ошибки моделирования.

Второй этап представляет собой непосредственный расчет водного баланса исследуемой реки, используя параметры, полученные при моделировании стока реки-аналога. Расчет элементов водного баланса исследуемой реки производится с учетом конкретных особенностей рассматриваемого водосбора.

Результаты моделирования свидетельствуют о высокой точности расчета водного баланса как для практического применения, так и для теоретических исследований, что проверено на большом количестве рек Беларуси с площадью водосбора не более 1000 км<sup>2</sup>, на которых ведутся гидрометрические наблюдения. Таким образом, программа «Баланс» при наличии данных об атмосферных осадках, температуре воздуха, дефицитах влажности воздуха, стока

воды реки-аналога и гидрографических характеристиках водосбора позволяет рассчитывать водный баланс малых рек Беларуси, не охваченных гидрометрическими наблюдениями.

Осушение мелкозалежных торфяников с последующим их использованием под пропашные культуры привело к сработке торфяного слоя – на поверхность выступили подстилающие минеральные породы. Смена ландшафта с последующей сменой испаряющей поверхности водосбора не могло не сказаться на водном режиме самой реки, поэтому естественный водный режим в верховьях Ясельды в настоящее время существенно трансформировался.

До массового осушения в бассейне Ясельды болота составляли 34,0 %, заболоченный лес – 6,0, а общая заболоченность – 45,0 % от площади водосбора в замыкающем створе г. Березы.

В основу численного эксперимента положена модель водного баланса Ясельды в створе г. Березы с настройкой параметров по данным гидрометслужбы на 1962 г., т. е. до начала массовых гидротехнических мелиораций [161]. Результаты моделирования среднемноголетнего годового стока и его внутригодового распределения представлены на рис. 5.17.

Хорошее совпадение измеренного и рассчитанного стока свидетельствует о корректности модели. Полученные параметры модели использованы при проведении численного эксперимента.

Далее моделировали климатический сток на водосборе Ясельды с различных подстилающих поверхностей и сопоставляли его с климатическим стоком с торфяно-болотных почв (рис. 5.18).

Смоделированные гидрографы стока показывают, что наибольшие различия в трансформации стока наблюдаются при сработке торфяников подстилаемыми песками.

Следующим этапом явилась оценка трансформации речного стока в зависимости от величины площади сработки торфяно-болотных почв. Численный эксперимент проведен для условий, когда на 10,0, 20,0, 30,0 % площади водо-

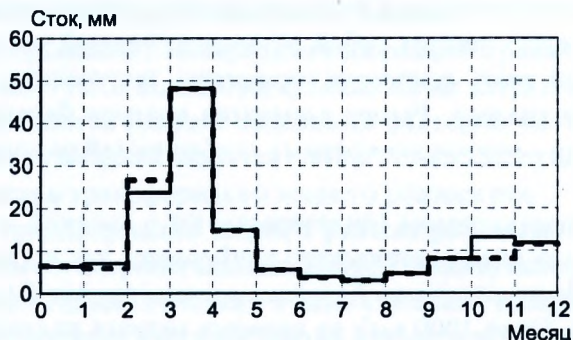


Рис. 5.17. Измеренный (сплошная линия) и рассчитанный (штриховая линия) сток Ясельды в створе г. Березы

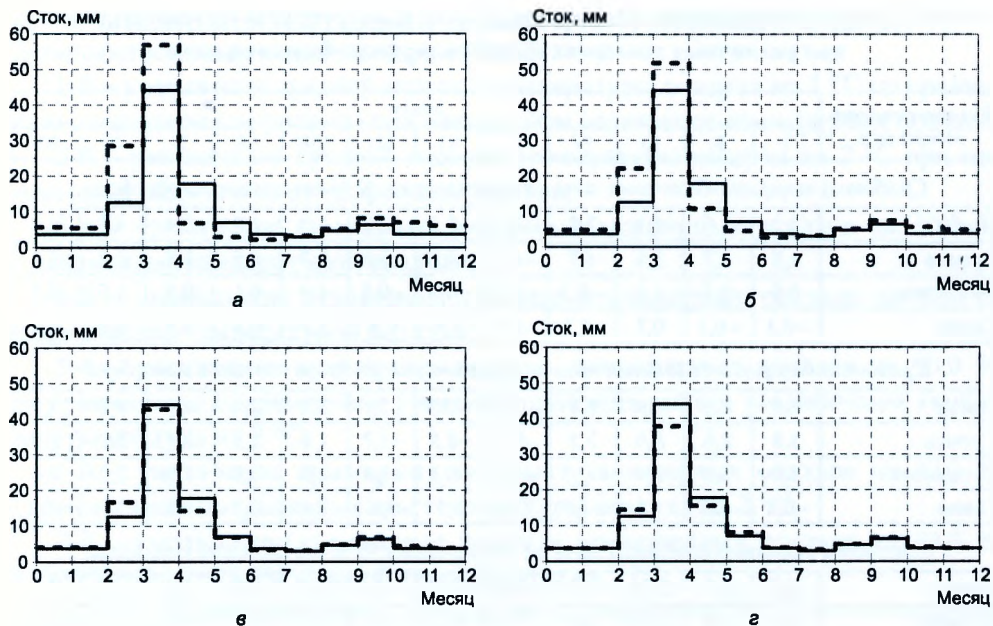


Рис. 5.18. Естественный (сплошная линия) и прогнозный (штриховая линия) сток в бассейне Ясельды с различных по механическому составу подстилающих поверхностей: а – песок; б – супесь; в – суглинок; г – глина

сбора произошла сработка торфяно-болотных почв, где на поверхность выступили минеральные грунты. При этом рассматривалось четыре вида подстилающих минеральных почвогрунтов: песок, супесь, суглинок и глина. Результаты численного эксперимента представлены в табл. 5.40, из которой видно, что наибольшее изменение стока вследствие выработки торфа на заболоченной территории характерно для максимальной исследуемой площади, занимаемой торфяниками и равной 30,0 % всей площади водосбора. Причем в наибольшей степени изменению стока подвержены заболоченные территории, на которых торф подстилается песком. Для таких территорий характерно наибольшее увеличение стока воды в реке, а максимальное по модулю уменьшение стока наблюдается в мае–июне.

График отклонения годового стока р. Ясельда – г. Береза представлен на рис. 5.19. Исходя из литературных данных [42, 87, 92, 229, 235, 237], можно полагать, что для водосбора Ясельды ожидается увеличение температуры воздуха на 0,3–3,0 °С и изменение атмосферных осадков (увеличение или уменьшение) на 0–15,0 % от современного уровня.

В связи с прогнозируемым изменением климата нами выполнен численный эксперимент для оценки влияния на речной сток трансформаций ландшафтов при тех или иных сценариях развития климата. Основываясь на анализе существующих в настоящее время оценок возможного изменения климата,

Таблица 5.40. Изменение стока р. Ясельда – г. Береза (% от естественного) при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв

Вид подстилающей поверхности	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Сработка торфяно-болотных почв на территории 10 % от площади водосбора</i>												
Песок	3,2	3,0	6,3	2,7	-7,3	-7,2	-3,5	1,2	1,2	2,4	4,3	2,2
Супесь	1,8	1,7	3,8	1,7	-4,7	-4,5	-2,8	0,7	0,6	1,5	2,4	1,1
Суглинок	0,5	0,5	1,6	-0,3	-2,3	-0,4	-0,8	1,0	0,1	0,8	1,0	0,3
Глина	-0,1	-0,1	0,7	-1,3	-1,5	1,8	0,8	1,7	0,1	0,5	0,5	0,0
<i>Сработка торфяно-болотных почв на территории 20 % от площади водосбора</i>												
Песок	6,8	6,2	13,4	5,4	-14,3	-13,9	-7,1	2,4	2,4	4,9	9,2	4,8
Супесь	3,8	3,6	8,0	3,3	-9,2	-8,8	-5,7	1,4	1,2	3,1	5,1	2,5
Суглинок	1,0	1,0	3,4	-0,5	-4,5	-0,8	-1,6	2,0	0,3	1,6	2,2	0,6
Глина	-0,1	-0,1	1,5	-2,6	-3,0	3,5	1,6	3,4	0,3	1,0	1,1	-0,1
<i>Сработка торфяно-болотных почв на территории 30 % от площади водосбора</i>												
Песок	10,7	9,7	21,4	8,2	-21,0	-20,4	-10,7	3,7	3,6	7,6	14,7	7,8
Супесь	5,9	5,6	12,7	5,0	-13,6	-12,8	-8,6	2,0	1,7	4,7	8,2	4,0
Суглинок	1,5	1,6	5,3	-0,8	-6,7	-1,1	-2,4	3,0	0,4	2,4	3,5	1,0
Глина	-0,2	-0,2	2,4	-4,0	-4,4	5,1	2,4	5,1	0,4	1,6	1,8	-0,1

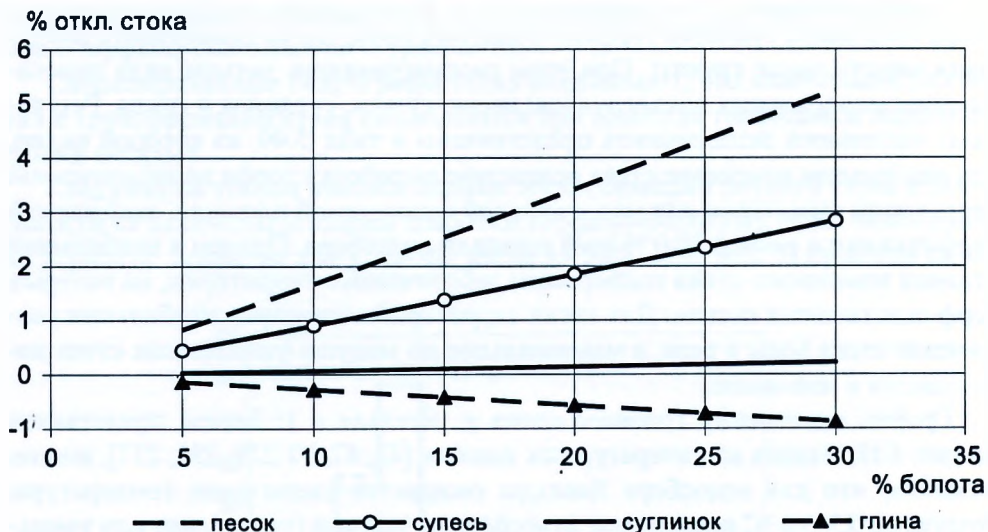


Рис. 5.19. Отклонение годового стока р. Ясельда – г. Береза (% от естественного) при различных сценариях сработки торфяно-болотных почв

при исследовании изменения стока Ясельды в замыкающем створе г. Березы принимались следующие сценарии [58, 65]:

1-й – увеличение средней годовой температуры воздуха на 2 °С по сравнению с современным уровнем при неизменном количестве атмосферных осадков;

2-й – уменьшение средней годовой температуры воздуха на 2 °С при неизменном количестве атмосферных осадков;

3-й – увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10,0 % с неизменной температурой воздуха;

4-й – уменьшение суммарных годовых атмосферных осадков на 10,0 % с неизменной температурой воздуха;

5-й – увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10,0 % по сравнению с современным уровнем с одновременным увеличением температуры воздуха на 2 °С;

6-й – увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10,0 % с одновременным уменьшением температуры воздуха на 2 °С;

7-й – уменьшение суммарных годовых атмосферных осадков на 10,0 % и увеличение средней годовой температуры на 2 °С;

8-й – уменьшение годовых атмосферных осадков на 10,0 % и уменьшение средней годовой температуры воздуха на 2 °С.

Численный эксперимент по моделированию водного баланса р. Ясельда – г. Береза проводили отдельно для каждого из перечисленных вариантов, как показано на рис. 5.20. Результаты численного эксперимента приведены в табл. 5.41, исходя из анализа которой можно констатировать, что изменение климата приведет к трансформации стока рек. Причем изменение суммарных годовых атмосферных осадков повлияет на сток в большей степени, чем изменение средней годовой температуры воздуха. В целом для года характерно изменение стока воды в пределах 10,0–20,0 % по сравнению с настоящим уровнем, а в условиях одновременного увеличения температуры и уменьшения осадков – на 30,0 %, одновременного увеличения осадков и уменьшения температуры – на 40,0 %. В течение года максимальная трансформация стока произойдет в теплый период года.

Для оценки совместного воздействия природных и антропогенных факторов на режим речного стока выполнено моделирование по наиболее неблагоприятным сценариям. Моделирование выполнено при предположении, что произошла сработка торфяно-болотных почв, подстилаемых песком на 30,0 % площади водосбора, для 3-го сценария (увеличение годовых атмосферных осадков на 10,0 % при неизменной температуре воздуха) и 6-го сценария (увеличение суммарных годовых атмосферных осадков на 10,0 % и уменьшение средней годовой температуры воздуха на 2 °С). Исключение из рассмотрения 7-го сценария (уменьшение годовых атмосферных осадков на 10,0 % и увеличение годовой температуры на 2 °С) обусловлено тем, что сработка торфяно-болотных почв и изменение климата приведут соответственно к увеличению



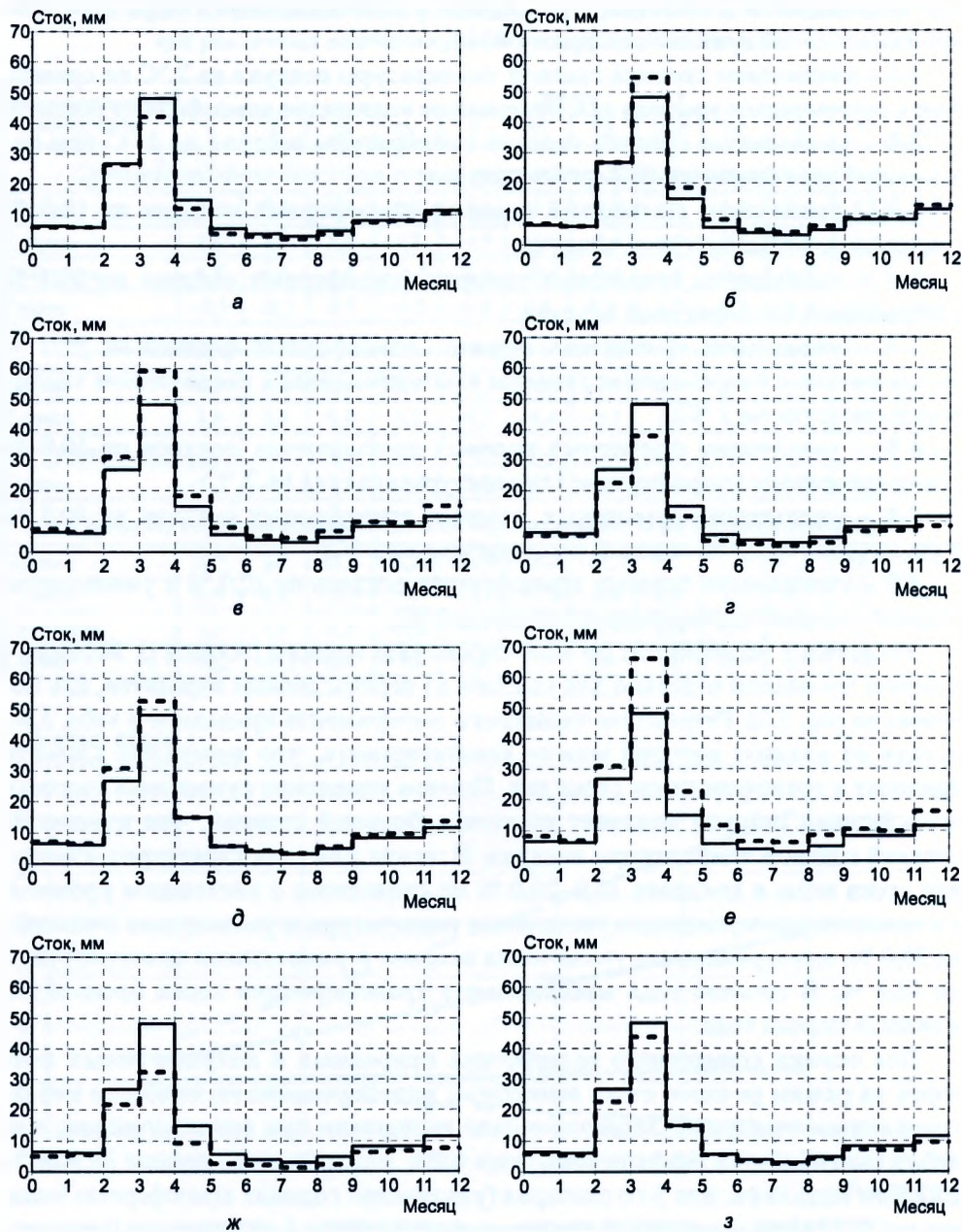


Рис. 5.20. Естественный (сплошная линия) и прогнозный (штриховая линия) сток в бассейне Ясельды для 1-го (а), 2-го (б), 3-го (в), 4-го (г), 5-го (д), 6-го (е), 7-го (ж), 8-го (з) сценариев изменения климата

## 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

**Таблица 5.41. Изменение стока р. Ясельда – г. Береза (% от естественного) для различных сценариев изменения климата**

Сценарий изменения климата	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1-й	-5,7	-0,2	-1,1	-12,4	-18,9	-29,8	-19,5	-26,2	-19,7	-6,8	-1,7	-9,6	-10,2
2-й	8,2	1,8	0,4	13,3	25,0	48,0	27,4	39,6	29,3	7,3	1,1	11,3	12,9
3-й	17,5	9,0	16,9	23,0	23,6	44,6	35,6	49,0	42,2	19,0	17,0	28,7	23,1
4-й	-17,2	-9,5	-16,1	-21,4	-20,9	-34,3	-29,3	-36,2	-33,2	-17,5	-16,4	-25,8	-21,1
5-й	10,4	8,2	16,1	9,3	0,7	2,9	10,0	11,1	15,4	11,5	15,6	18,3	10,9
6-й	27,1	12,0	16,1	37,1	52,7	109,4	71,5	105,7	81,6	27,0	17,6	41,7	38,8
7-й	-22,0	-9,0	-18,4	-32,6	-36,7	-54,5	-43,3	-53,4	-46,9	-23,7	-18,1	-34,1	-29,9
8-й	-11,0	-8,9	-15,4	-9,5	0,0	-1,1	-9,0	-10,1	-12,8	-11,2	-14,8	-16,9	-10,2

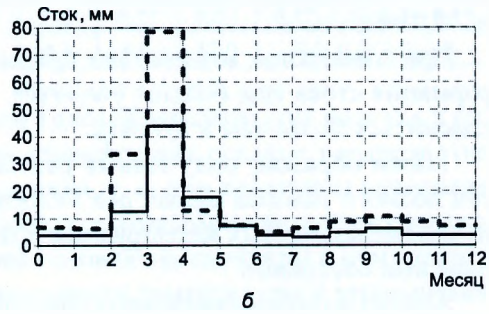
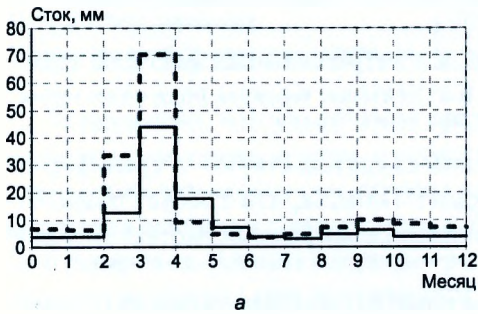


Рис. 5.21. Естественный (сплошная линия) и прогнозируемый (штриховая линия) сток в бассейне Ясельды для 3-го (а) и 6-го (б) вариантов изменения климата при сработке торфяно-болотных почв, подстилаемых песком

и уменьшению стока, а в конечном итоге сток не подвергнется сильной трансформации. Прогнозируемый сток исследуемого водосбора при сработке торфа для 3-го и 6-го сценариев изменения климата приведен на рис. 5.21.

Если торфяно-болотные почвы, подстилаемые песком, занимают 30,0 % площади водосбора, то для 3-го варианта изменения климата сток в целом за год увеличится на 30,0 %, для 6-го варианта – на 46,0 %. Результаты численного эксперимента совместного воздействия природных и антропогенных факторов на режим речного стока в течение года приведены в табл. 5.42.

**Таблица 5.42. Изменение стока р. Ясельда – г. Береза (в % от естественного) для 3-го и 6-го вариантов изменения климата при сработке торфяно-болотных почв, подстилаемых песком на 30,0 % площади водосбора**

Сценарий изменения климата	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
3-й	29,3	20,7	42,1	33,4	-1,0	16,6	23,3	53,4	44,7	28,5	35,0	36,5	29,8
6-й	37,2	23,0	41,4	48,7	25,2	72,4	60,2	110,0	82,6	37,3	36,5	48,3	46,0

Для 3-го сценария изменения климата незначительное уменьшение стока воды за май вызвано существенным уменьшением стока при сработке торфяно-болотных почв.

При оценке изменений водного режима, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв с различных подстилающих поверхностей в зависимости от занимаемой ими площади, установлено, что наибольшей трансформации стока подвергнутся бассейны, на которых произойдет сработка торфа, подстилаемого песком, на 30,0 % всей площади водосбора; причем среднее годовое значение стока воды изменится незначительно, но произойдет существенное внутригодовое перераспределение стока.

Результаты численного эксперимента по моделированию стока воды рек в условиях изменяющегося климата показали, что годовые значения речного стока изменятся на 10,0–20,0 %, а для наиболее экстремальных вариантов – на 30,0–40,0 %.

При совместном воздействии природных и антропогенных факторов трансформация стока еще больше усилится, а в отдельные месяцы года сток может измениться более чем в 2,0 раза.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья, что требует разработки компенсационных мероприятий для поддержания речных экосистем в равновесном состоянии.

Анализ вышеперечисленных сценариев позволит комплексно оценить трансформацию речного стока с точки зрения климатических условий (1-й–8-й сценарии) и антропогенного воздействия на водосборы рек (хозяйственная деятельность человека). Наиболее неблагоприятным прогнозом развития изменения речного стока для рек Белорусского Полесья, в том числе и рек бассейна Ясельды, являются 5-й и 7-й сценарии – гипотезы, при которых прогнозируется уменьшение стока до 45,0 %. При наложении воздействий на сток антропогенной составляющей уменьшение среднего годового стока может достигнуть 50,0–70,0 %.

Полученные результаты моделирования изменения стока рек Белорусского Полесья в зависимости от вариантов изменения климатических факторов хорошо корреспондируют с выводами авторов работы [12], которые провели исследования изменения стока для рек бассейна Днепра. Их прогноз изменения стока Днепра составил от 25,0 до 40,0 % и более в зависимости от вариантов воздействия, которые основывались на моделях общей циркуляции атмосферы, глобального потепления климата и росте содержания CO<sub>2</sub> в атмосфере.

Прогнозируемое потепление климата вызовет существенные изменения водного режима рек. Дальнейшее развитие исследований связано с совершенствованием воднобалансовых моделей и детализацией зависимостей климат–сток для получения более надежных оценок и выводов по проведению мероприятий своевременной адаптации водного хозяйства к изменениям условий формирования местных водных ресурсов.

## 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Более детально проведен анализ влияния климатических и антропогенных факторов на средний годовой сток р. Ясельда – г. Береза, результаты которого представлены в табл. 5.43. Эти результаты подтвердили предположение о том, что самым неблагоприятным прогнозом изменения речного стока является третий сценарий, предполагающий максимальные изменения как обеспеченности (с 50,0 до 85,0 %), так и коэффициента вариации (с 0,47 до 0,54).

**Таблица 5.43. Изменение обеспеченности и коэффициента вариации годового стока р. Ясельда – г. Береза в зависимости от варианта воздействия**

Показатель	Вариант воздействия (сценарий)				
	0-й	1-й	2-й	3-й	4-й
Обеспеченность, %	50,0	62,4	72,9	85,0	52,0; 54,1; 56,2; 58,0
Изменение обеспеченности, %	0,0	24,8	45,8	70,0	4,0; 8,2; 12,4; 16,0
Коэффициент вариации	0,47	0,49	0,52	0,54	0,47; 0,47; 0,48; 0,48
Изменение коэффициента вариации, %	0,0	4,1	9,6	13,0	0,0; 0,0; 2,0; 2,0

Установлено, что увеличение средней годовой температуры воздуха с одновременным уменьшением количества атмосферных осадков неоднозначно повлияет на изменение суммарного испарения, т. е. при некотором сочетании изменения осадков и температуры наблюдается перелом в изменении суммарного испарения. Анализ матрицы средней годовой температуры и суммарного годового испарения при постепенном увеличении температуры и уменьшения осадков показал, что для р. Ясельда – г. Береза такой переломной точкой является увеличение средней годовой температуры на 0,6 °С при одновременном 2,0 %-ном уменьшении количества атмосферных осадков. При дальнейшем увеличении температуры и уменьшении количества осадков происходит постепенное увеличение суммарного испарения.

В последнее десятилетие XX в. (1990–2000 гг.) произошло изменение количества атмосферных осадков на юге страны [65], поэтому нами были проведены исследования изменений норм речного стока с использованием реальных измеренных среднемесячных и годовых расходов, а также была предпринята попытка смоделировать перераспределение осадков с периода май–июнь на июль–август: уменьшить на 20,0 % в мае–июне и увеличить на 20,0% в июле–августе. Для детального анализа стока в створе р. Ясельда – г. Береза выбрана метеостанция г. Пинск как наиболее близко расположенная и имеющая достаточно длинные ряды наблюдения за осадками и дефицитами влажности воздуха (55 лет). Полученные изменения значений речного стока приведены в табл. 5.44.

Значения модулей речного стока, рассчитанные при перераспределении атмосферных осадков на 20,0 % с мая–июня на июль–август, отличаются от рассчитанных при использовании средних значений атмосферных осадков за 1990–2000 гг. в среднем на 1,7 % за год. Внутри же года равномерность распределения значительно нарушена по сравнению с исходной.

Таблица 5.44. Величины измеренных и рассчитанных значений модулей речного стока р. Ясельда – г. Береза при различных вариантах формирования атмосферных осадков, л/(с·км<sup>2</sup>)

Значения модуля речного стока	Период осреднения								
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	теплый период	год
Измеренные	12,70	4,98	2,64	2,41	2,46	3,75	4,25	4,75	4,79
Рассчитанные	12,40	5,45	3,11	2,21	2,19	2,85	3,40	4,48	4,49
Ошибка, %	-2,4	9,4	17,6	-8,4	-11,0	-24,0	-20,0	-5,6	-6,2
Рассчитанные при режиме осадков за 1990–2000 гг.	12,20	5,23	2,85	1,98	1,86	1,88	2,90	4,13	4,08
Рассчитанные при перераспределении осадков на 20,0 %, с периода май–июнь на июль–август	12,30	4,68	2,15	1,90	2,25	2,04	3,05	4,06	4,15
Отклонения, %	1,0	-10,5	-24,6	-4,0	21,0	8,5	5,2	-1,7	1,7

Можно констатировать тот факт, что в мае–июне наблюдается уменьшение значений речного стока (на 10,5 и 24,6 % соответственно), а в августе–сентябре – увеличение (на 21,0 и 8,5 % соответственно). В июле же наблюдается небольшое уменьшение (на 4,0 %), хотя в этом месяце значения суммарных осадков увеличились с 83,6 до 97,0 мм (на 16,0 %). Этот факт можно объяснить некоторой инертностью речного стока, т. е. выпавшие на водосбор атмосферные осадки не сразу, а с некоторым запаздыванием попадают в русло реки, что и подтверждается полученными расчетами, т. е. наша модель применима для расчета значений речного стока с учетом атмосферных осадков, выпавших в предыдущие месяцы.

### 5.13. Управление водными ресурсами

Факторами, определяющими управление водными ресурсами в бассейне Ясельды, так же как и в бассейнах других рек, являются:

- наличие гидротехнических сооружений, оказывающих влияние на гидрологический режим водного объекта и (или) гидрогеологический режим прилегающих территорий и (или) позволяющих выполнять управление этими режимами;

- показатели водопользования в бассейне, включая изъятие поверхностных вод и добычу подземных вод, а также отведение сточных вод, которые могут влиять на гидрологический режим водных объектов и гидрогеологический режим прилегающих территорий;

- хозяйственное использование пойменных территорий, в особенности в пределах водоохраных зон и прибрежных полос.

Непосредственно на Ясельде нет значимых по влиянию на гидрологический режим реки и гидрогеологический режим прибрежных территорий гидротехни-