

Рисунок 4 – График зависимости БПКд во времени.

На графике (рис.4) показано изменение скорости окисления на пятые сутки аэробного сбраживания. В течении пяти суток концентрация загрязнений по БПК5 снизилась с 1200 мг/л до 600 мг/л, после чего скорость окисления снижается и на восьмые сутки концентрация загрязнений по БПК5 составляет 440 мг/л.

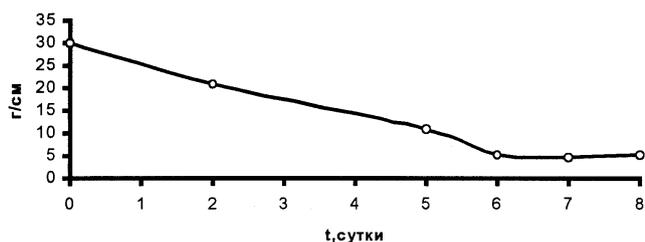


Рисунок 5 – Кинетика процесса центрифугирования.

На графике (рис. 5) приведена динамика изменения индекса центрифугирования. В течении шести дней индекс снизился с 30 г/см до 5,2 г/см. В последующем величина индекса центрифугирования остается неизменной.

УДК 556.181(476.13)

Волчек А.А., Шпендик Н.Н.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОГНОЗИРУЕМОГО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

В последнее десятилетие рядом исследователей высказывается предположение о значительных изменениях глобального климата и естественно, связанных с ним изменениях водного режима. Изменения глобального климата проявляются в совокупности региональных его изменений различных временных и пространственных масштабов. В этой связи разработка прогноза изменения климата в конкретном регионе должна осуществляться с учетом глобальных изменений и макропроцессов на всей планете [1]. Одной из первых работ в Беларуси, посвященных изменению водного режима рек является статья А.Г. Гриневич и В.Н. Плужникова [2], в которой была обозначена рассматриваемая проблема, предложены методические подходы к ее решению, получены первые оценочные результаты и намечены задачи дальнейших исследований.

Нами предпринята попытка оценить возможные изменения влажности минеральных почв Белорусского Полесья при прогнозируемом ходе изменения климата.

Поскольку воды суши являются необходимым фактором существования наземных экосистем целесообразно отнести их к водным ресурсам, а в качестве меры ресурсов почвенных вод логично использовать величину суммарного испарения [3, 4].

На рисунке 1 показана связь двух циркуляционных структур: круговорота воды в системе почва-растительность-атмосфера (E_c) и круговорота биогенных элементов в расти-

ВЫВОДЫ
Анализ экспериментальных данных показывает, что на 5 сутки течения процесса аэробной стабилизации 20% органической части осадка распадается и при этом имеет место резкое снижение скорости потребления кислорода (рис. 2-5). На восьмые сутки распадается приблизительно 44% органической части осадка, скорость потребления кислорода еще более замедляется.

Полученные экспериментальные данные указывают на то, что на 6 сутки резко снижается потребление кислорода биocenозом стабилизируемого осадка, свидетельствующее о наступлении уровня эндогенного дыхания микроорганизмов, а, следовательно, окончании окисления экзогенного субстрата и получении незагнивающего осадка.

Поэтому ориентировочно по принятому биохимическому критерию можно считать оптимальной продолжительностью процесса аэробной стабилизации 6-7 суток. Окончательный вывод можно будет сделать после изучения водоотводящих свойств этого осадка и промышленных испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.И.Калицун, Ю.М.Ласков. Лабораторный практикум по канализации: М., Стройиздат, 1978. -125 с.
2. Рекомендации по проектированию сооружений аэробной стабилизации осадков сточных вод. Киев, 1977, с. 5-8.
3. Коган Ю.А., Абрамов А.В. и др. Аэробная стабилизация и обезвоживание осадков сточных вод. Сб. науч. тр. ВНИИВОДГЕО, 1980. - с. 112-121.
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М., Стройиздат, 1986.

тельности, интенсивность которого оценена по годовичному приросту органического вещества суши (M), характеризующему интенсивность образования первичных биологических структур автотрофными организмами [4].

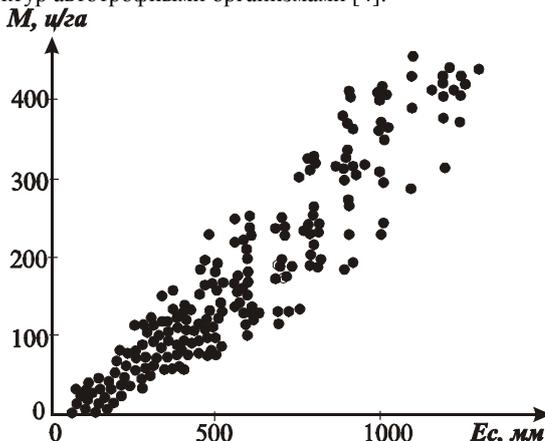


Рисунок 1 – Связь годового прироста органического вещества растительности с годовым суммарным испарением (среднеголетние данные для различных районов Земного шара) [4].

Волчек Александр Александрович. К.г.н., зам. директора по научной работе ОПП НАН Беларуси.

Шпендик Наталья Николаевна. М.н.с. лаборатории водных проблем Белорусского Полесья ОПП НАН Беларуси. Беларусь, Отдел проблем Полесья Национальной академии наук Беларуси, 224020, г. Брест, ул. Московская, 204.

В однородных нормальных условиях показатели интенсивности работы фотосинтетического аппарата большинства растений, в среднем, практически одинаково. Отклонение от средних значений вызывает изменение показателей интенсивности и продуктивности фотосинтеза, что наблюдается у растений разных экологических групп.

Ресурсы всех составляющих вод суши связаны при данном методологическом подходе единой основой – они определяются на основе интенсивности потоков воды в соответствующей диссипативной структуре, поскольку интенсивность непрерывных жизненных процессов на Земле поддерживается только такими водными ресурсами, которые также имеют непрерывный и возобновляемый характер. В этом смысле всякого рода мгновенные «запасы» ресурсами не являются. Они служат характеристиками состояния элементов, образующих соответствующую диссипативную структуру, позволяя оценивать возможности регулирования временной динамики ее ресурса.

Циркуляция воды поддерживает непрерывную циркуляцию биогенных элементов суши. Поэтому собственно их и можно рассматривать в качестве ресурсов биосферных. В большей степени это относится к почвенным водам, поскольку они приводят в движение самое мощное звено в циркуляции биогенных элементов наземных экосистем – звено зеленых растений суши. Поверхностные воды в этом смысле имеют меньший коэффициент полезного действия, хотя первичная продуктивность водных экосистем в среднем имеет аналогичный порядок величин, что и продуктивность наземных экосистем, но площадь зеркала поверхностных вод суши намного меньше общей площади суши. Искусственное изменение эволюционно сложившихся структур общей циркуляции вод суши, скорее всего, неблагоприятно для биосферы в целом с точки зрения минимизации общего производства энтропии в ней. Поскольку увеличение и постоянное поддержание упорядоченности создаваемых новых структур (в частности, мелиоративных систем), влекущие за собой локальное уменьшение энтропии в месте расположения этих структур, «обусловлено тем, что где-то в другом месте порождается еще большая неупорядоченность». Последнее обстоятельство является простым следствием второго начала термодинамики [4].

В настоящее время существует три основных направления прогнозирования изменения климата [5]:

- сложные модели общей циркуляции атмосферы, которые удовлетворительно описывают общие закономерности изменений климата при больших потеплениях, при этом их детали прогнозируются весьма проблематично;
- 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 показывают закономерности формирования современной климатической системы и особенно важны для оценки условий, складывающихся на начальном этапе глобального потепления, происходящего в настоящее время, при этом эти модели не всегда статистически надежны и могут не отражать особенностей поведения климатической системы, возникших при быстром потеплении.

По существующим оценкам, к настоящему времени температура Северного полушария уже поднялась на $0,5^{\circ}\text{C}$ по сравнению с доинструментальным периодом и, по расчетам вероятного накопления примесей антропогенного происхождения, главным образом CO_2 , может к середине текущего столетия повыситься еще на $2,5^{\circ}\text{C}$ или более. Вместе с тем

изменение газового состава атмосферы не единственный фактор, влияющий на климат.

Следует учитывать, что воздействие глобального потепления и увлажнения – процесс многосторонний: оно неодинаково в зависимости от уровня потепления, его причин, района, сезона, динамики самого потепления. Это связано с тем, что прогнозируемое потепление вызовет возрастание испарения с океанов, повысит содержание влаги в атмосфере, а вместе с тем и интенсивность осадков, что также способствует дальнейшему росту температуры и развитию конвекции. Отступление полярных льдов, вызванное глобальным потеплением, помимо дальнейшего усиления самого потепления уменьшает меридиальные контрасты температур между высокими и низкими широтами. Это в свою очередь ослабляет циклоническую деятельность в умеренных широтах континентов, а с ней – количество атмосферных осадков, что особенно характерно для холодного периода. Уменьшение межширотных температурных контрастов ослабляет скорости зональных переносов влаги с океанов внутрь материка, что может усилить аридность климата в континентальных районах. Изменение концентрации CO_2 в атмосфере в основном меняет эффективное излучение. Влияние этого фактора равномерно распределяется по широтам, а разности температуры между низкими и высокими широтами меняются лишь за счет смещения границ [5].

При потеплениях происходит сдвиг циркуляционных зон к северу. Это вызывает увеличение атмосферных осадков в одних районах и их уменьшение в других, причем величина этих изменений зависит от уровня потепления. При быстром изменении климата возникают, в зависимости от тепловой инерции, различия в скорости потепления на суше и на склонах между низкими широтами и полярными.

Рост количества атмосферных осадков при потеплении климата по модельным оценкам должен наблюдаться в высоких широтах, а падение – в низких. Граница раздела проходит по $50\text{--}55^{\circ}$ северной широты, что позволяет прогнозировать небольшие изменения атмосферных осадков на территории Беларуси при потеплении климата.

Исходя из литературных данных, можно полагать, что для зоны Белорусского Полесья ожидается увеличение температуры воздуха на $0,3\text{--}3^{\circ}\text{C}$, а изменение атмосферных осадков (увеличение или уменьшение) на $0\text{--}15\%$ от современного уровня [2].

Для оценки возможных изменений водных ресурсов минеральных почв Белорусского Полесья в зависимости от тех или иных гипотез антропогенного изменения климата была сделана попытка использовать стандартное уравнение водного баланса участка суши с независимой оценкой основных элементов баланса (атмосферные осадки, суммарное испарение и климатический сток) в годовом аспекте. Как было отмечено А.Г. Гриневич и В.Н. Плужниковым [2], что принципиально возможно использование результатов воднобалансовых расчетов с привлечением метеорологической информации за месячными интервалами времени.

Для проведения численного эксперимента влияния возможного изменения климата на водные ресурсы минеральных почв Белорусского Полесья нами отобраны три пункта (Брест, Пинск, Василевичи) наиболее полно обеспеченными метеорологическими данными, охватывающими все исследуемую территорию. В контексте решаемой задачи рассматривалось три вида минеральных почв (песчаные, супесчаные и суглинистые).

Основываясь на анализе существующих в настоящее время оценок возможного антропогенного изменения климата, трансформации исходного архива метеоэлементов для расчетных метеостанций и видов почв численный эксперимент проведен по следующим вариантам:

- 1). средняя годовая температура воздуха увеличивается на 2^0 С по сравнению с современным уровнем при неизменном количестве атмосферных осадков;
- 2). годовых суммы атмосферных осадков уменьшены на 10% с неизменной температурой воздуха;
- 3). годовые суммы атмосферных осадков уменьшаются на 10%, а средняя годовая температура воздуха увеличивается на 2^0 С.

Изменение водных ресурсов в результате антропогенного потепления климата выражаются далее в относительных величинах – в процентах по отношению к современным условиям.

Для проведения численного эксперимента по вышеприведенным вариантам прогнозов использован воднобалансовый метод гидролого-климатических расчетов (ГКР) профессора В.С. Мезенцева [6, 7] ранее применяемый рядом исследователей для воднобалансовых расчетов на территории Беларуси, математическое уравнение которого имеет вид

$$W_{i+1} = W_i + X_i - E_i - Y_i, \quad (1)$$

где W_{i+1} , W_i – влажность деятельного слоя почвы на конец и начало расчетного интервала, мм; X_i – атмосферные осадки за расчетный интервал, мм; E_i – суммарное испарение за расчетный период, мм; Y_i – внутрипочвенный сток, мм.

Суммарное испарение определялось по методу гидролого-климатических расчетов по следующему уравнению

$$E_i = E_{0i} \left(1 + \left(\frac{\frac{E_{0i} + V_i^{1-r}}{W_{не}}}{\frac{X_i}{W_{не}} + V_i} \right)^{-n} \right)^{-1/n}, \quad (2)$$

где E_{0i} – максимально возможное испарение, мм; $W_{не}$ – значение наименьшей влагоемкости деятельного слоя почвы, мм;

$V_i = \frac{W_i}{W_{не}}$ – относительная влажность почвы на начало расчетного интервала; r – параметр, зависящий от воднофизических свойств и механического состава почвогрунтов, значения которых в нашем численном эксперименте колебались от 1,1 до 1,7; n – параметр, учитывающий гидравлические условия стока ($n=3$).

Влажность на конец расчетного интервала рассчитывается по следующей формуле

$$V_{i+1} = V_i \left(\frac{\left(\frac{X_i}{W_{не}} + V_i \right) \cdot V_i}{\left(\frac{E_{0i}}{W_{не}} + V_i^{1-r} \right)} \right)^r. \quad (3)$$

Система уравнений (2-4) норм суммарного испарения может быть решена подбором переменных. Задача сводится к подбору такой влажности почвогрунтов на начало первого интервала, чтобы величина на конец последнего интервала замкнутого цикла были одинаковы $V_i = V_{i+1}$.

Поскольку в задачу наших исследований входят выявление изменений элементов водного баланса, необходимо выполнить обоснованную совместимую оценку этих величин и изменчивость по территории Белорусского Полесья по единой методике дающей погрешности одного порядка по всей территории. Для оценки достоверности расчетов использовались другие независимые методы расчета составляющих водного баланса. В качестве базы сравнения были приняты следующие

методы определения испарения: водного баланса, комплексный метод и почвенных испарителей. Кроме того, сопоставлялись рассчитанные и измеренные величины стока и влажности почвы. Оценка надежности результатов выполнена для средних многолетних условий а также за реальные месяцы. Сопоставление средних годовых значений испарения, полученных суммированием рассчитанных среднемесячных значений $E_{расч.}$ для территории Белорусского Полесья с годовыми значениями испарения, определенными методами водного баланса ($E_{в.б.}$), как разность осадков и стока, показано на рисунке 2. В пределах погрешности $\pm 5\%$ лежит 92% от общего их числа. Сопоставление средних месячных значений испарения, определенных методом ГКР и комплексным методом также дали удовлетворительные результаты, так в пределах погрешности $\pm 20\%$ лежит около 92% точек от общего их числа. Сопоставление рассчитанных и измеренных величин суммарного испарения, так же показывают хорошую сходимость полученных результатов. Определенное представление о точности расчетов суммарного испарения дает сопоставление рассчитанных и измеренных величин влажности почв (рисунок 3), а также модулей стока (рисунок 4). Полученные результаты следует расценивать как вполне удовлетворительные.

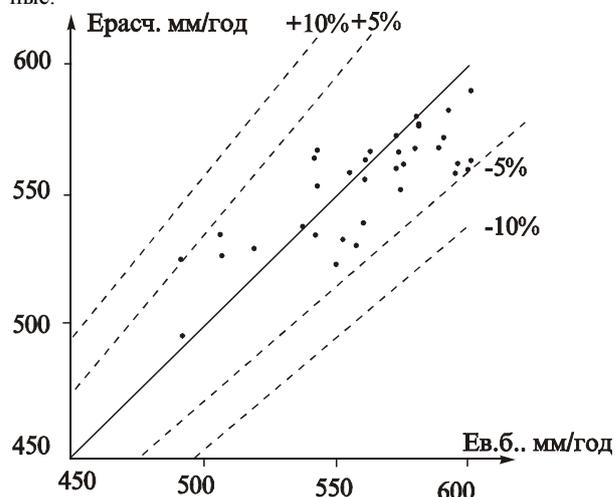


Рисунок 2 – Сравнение месячных значений суммарного испарения рассчитанных по методу ГКР ($E_{расч}$) и водному балансу ($E_{в.б.}$).

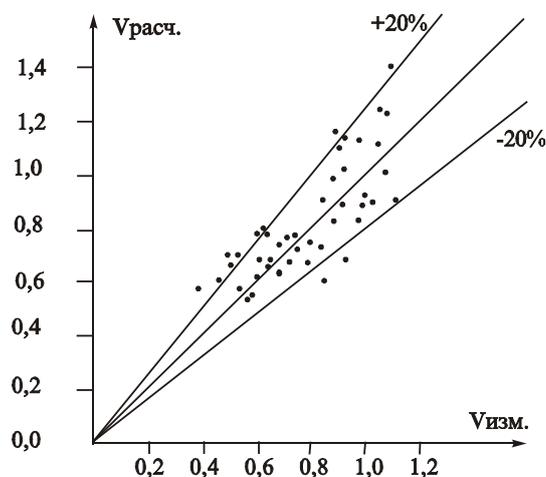


Рисунок 3 – Сравнение рассчитанных ($V_{расч}$) и измеренных ($V_{изм}$) месячных значений влажности почвы в относительных показателях.

Таблица 1 – Прогноз изменения элементов водного баланса минеральных почв по метеостанции Пинск при прогнозируемом антропогенном изменении климата (вариант 3), в процентах от современного уровня.

Вегетационный период		Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Песок	Влагозапасы	83,1	81,4	81,2	83,3	83,3	82,4	83,1
	Испарение	103,7	96,4	91,4	92,0	92,6	93,1	96,3
	Климатический сток	68,5	55,0	48,8	50,0	51,9	52,5	57,8
Супесь	Влагозапасы	86,8	85,7	85,1	87,1	87,3	86,3	86,7
	Испарение	104,3	96,9	92,1	92,1	92,8	93,0	95,1
	Климатический сток	69,3	56,7	50,0	50,9	53,1	52,6	55,3
Суглинок	Влагозапасы	89,3	87,9	89,6	89,0	89,3	88,3	89,3
	Испарение	104,5	97,5	92,8	92,3	92,6	93,0	94,6
	Климатический сток	69,6	57,8	52,0	51,0	52,1	54,1	54,3

Исходя из результатов расчетов, на основе указанных выше уравнений с принятыми гипотезами, сделаны следующие выводы:

- по первому варианту (увеличение t^{θ} на 2° C) испарение может увеличиться до 5 % на всех типах почв и по всей исследуемой территории. Влагозапасы, в свою очередь, уменьшаются на 4 % на суглинках и до 11% на песках. Климатический сток уменьшается до 30%, при этом максимально возможное испарение увеличится на 10%;
- по второму варианту (уменьшение осадков на 10 %) испарение может уменьшиться на 8%, влагозапасы также уменьшаются на 8 %, климатический сток уменьшится до 32%;
- по третьему варианту (уменьшение осадков на 10 % и увеличение t^{θ} на 2° C) испарение уменьшается в Пинске на 8%, в Василевичах на супеси этот показатель достигает 28%, влагозапасы уменьшаются от 5% в Бресте до 18% в Василевичах, климатический сток уменьшится до 55%.

Таким образом, наиболее неблагоприятным прогнозом развития антропогенного изменения климата для минеральных почв Белорусского Полесья является третий вариант.

В таблице представлена детальная картина изменений элементов водного баланса на минеральных почвах по метеостанции Пинск по третьему прогнозу развития антропогенного изменения климата.

Как видно из таблицы, антропогенное прогнозируемое изменение климата отразится на всех составляющие водного баланса. В начале и середине весны несколько увеличится суммарное испарение по всем типам почв, а затем по мере расходования весенних почвенных влагозапасов произойдет уменьшение всех балансовых элементов. Причем наиболее чувствительным является климатический сток на песчаных почвах. Уменьшение климатического стока вызовет некоторое уменьшение и речного стока, а также и трансформацию естественных соотношений поверхностной и подземной составляющих речного стока. Примерно аналогичная картина будет наблюдаться и по двум другим метеостанциям.

Полученные прогнозные оценки достаточно хорошо соотносятся с данными, полученными ранее для всей территории Беларуси [2] и для сопредельных территорий. Выполненные нами ранее исследования временных рядов влажности дерново-подзолистых почв также подтверждает тенденцию уменьшения их влажности уже в конце прошлого столетия. При анализе 50-см слоя, весенние влагозапасы первой и второй декад апреля имели тенденцию к уменьшению (до 90-х гг.), а позже к стабилизации. На рисунке 5 показана динамика влажности почвы второй декады апреля минеральных почв [8].

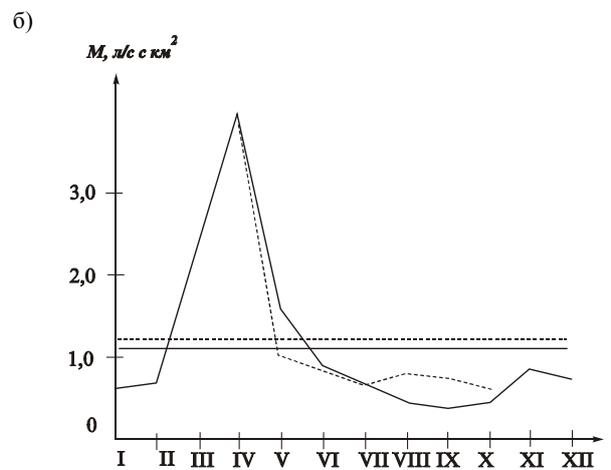
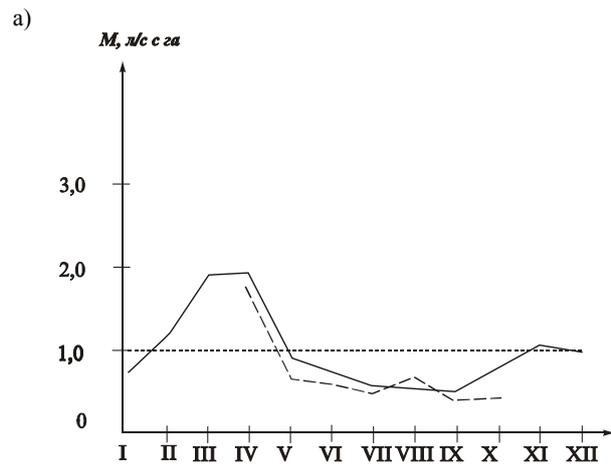


Рисунок 4 – Сопоставление фактических (1) и вычисленных (2) модулей стока: а) р. Пульва – г. Высокое (метеостанция Высокое); б) р. Уборть – с. Краснобережье (метеостанция Лельчицы).

На фоне влияния природных факторов происходят весьма существенные изменения водного режима зоны аэрации от агротехнических воздействий, имеющие региональный характер. Негативные последствия становятся настолько многообразными, что в результате представляют серьезную региональную проблему. Их предотвращение или ослабление во многом зависит от решения проблемы экологического регламентирования антропогенных воздействий на всю толщину зоны аэрации почв, а не только на почвенный покров. При этом важно учитывать, что с запасами влаги в зоне аэрации связана динамика составляющих геохимического стока (перемещение воды вместе с минеральными и органическими веществами, живыми организмами по поверхности речного

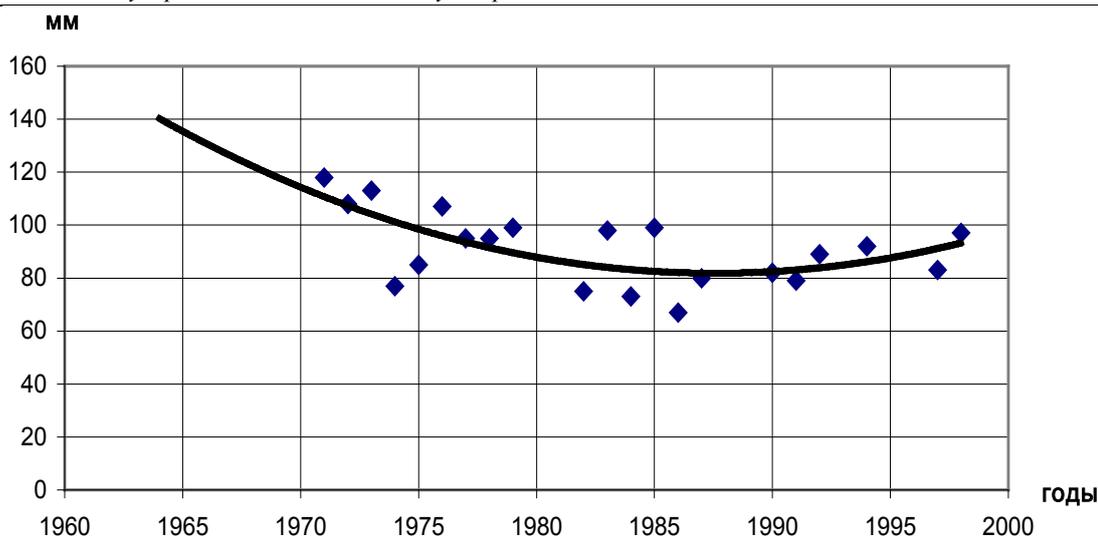


Рисунок 5 – Динамика влажности 50-см слоя дерново-подзолистых почв Пружанского района.

бассейна, внутри его – по зоне аэрации, водоносным горизонтам и вне его – по речному руслу) – поверхностного склонового, подземного и речного стока. К сожалению, до настоящего времени наличию тесной взаимосвязи между элементами вертикальной гидрологической структуры речных бассейнов – поверхности, зоны аэрации и ее почвенного покрова и зоны насыщения должного внимания не уделяется.

Масштабы антропогенных воздействий столь значительны, что зону аэрации и почвенный покров в настоящее время во многих случаях целесообразно рассчитывать в качестве показателей постоянных или изменяющихся в пределах, существенно несказывающихся на водном балансе территорий. Следовательно, для водообеспечения оросительных и осушительно-увлажнительных систем необходимо проведение мероприятий по созданию дополнительных емкостей для накопления и хранения воды (пруды, водохранилища и т. д.), регулированию стока, использование подземных вод и сточных вод, повторному использованию дренажных вод и т. д.

Рассматриваемые прогнозы развития климата неизбежно приведут к увеличению испаряемости, что позволяет при оптимизации водного режима увеличить урожайность сельскохозяйственных культур (рисунок 1).

Полученный вышеприведенным образом прогноз изменений почвенных водных ресурсов минеральных почв Белорусского Полесья свидетельствует о необходимости заблаговременной подготовки к возможным негативным последствиям. В наибольшей степени это скажется на условиях возделывания ряда сельскохозяйственных культур. По предлагаемому варианту прогноза изменения климата могут существенно уменьшиться влагозапасы корнеобитаемого слоя почвы, что приведет к увеличению уже существующего дефицита влажности почв как в отдельные периоды года, так и годы в целом. При этом увеличится изменчивость элементов водного баланса и как следствие - возрастание диапазона изменчивости балансовых величин. Все это потребует дополнительной подачи воды на сельскохозяйственные поля, для чего необходимо должное внимание уделить особенностям функционирования существующих мелиоративных систем, их технической реконструкции и совершенствованию методов управления водным режимом. Однако при прогнозируемом развитии климата, помимо уменьшения влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы произойдет и уменьшение речного стока, что потребует дополнительных затрат для поиска водных ресурсов и покрытия дефицитов воды. Поэтому помимо мелиоративных мероприятий направленных на ликвидацию дефицита водного баланса, потребуются и нетрадиционные пути решения этой проблемы.

Прогнозируемое потепление климата вызовет очередную негативную реакцию водных экосистем в целом, так и отдельных их частей, особенно это скажется на поймах рек – наиболее чувствительных ландшафтах, которые нам представляются существенными. Проведенное предварительное исследование этой проблемы необходимо развивать далее. И в первую очередь – совершенствовать воднобалансовые модели и детализацию статистических методов выявления зависимостей «климат–сток» для получения более надежных оценок и, следовательно, заключения на их основе выводов по проведению мероприятий по своевременной адаптации водного хозяйства к последующим изменениям условий формирования местных водных ресурсов.

К сожалению за пределами анализа остались еще ряд важных факторов: особенности динамики влажности почвы в зимний период с учетом частых оттепелей, в последнее десятилетие сокращение периода снеготаяния и соответствующее ему изменение количества атмосферных осадков и потерь талого стока, испарение со снежного покрова, детализация расчетов во времени и в пространстве. Перечисленные и ряд других вопросов будут обсуждены нами в последующих публикациях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1946. – 234 с.
2. Гриневиц А.Г., Плужников В.Н. Оценка влияния возможного глобального потепления на водные ресурсы и водное хозяйство // Природные ресурсы. – 1997. – №2. – С. 49-54.
3. Будаговский А.И., Гусев Е.М. Почвенные воды: фундаментальные проблемы и результаты научных исследований // Водные ресурсы. – 1999. – Том 26, № 5. – С. 540-553.
4. Гусев Е.М. Экологическая роль почвенных вод и их ресурсы // Водные ресурсы. – 1990. – №5. – С. 110-121.
5. Дроздов О.А. Колебания естественного увлажнения в связи с анализом антропогенных изменений климата и увлажнения // Водные ресурсы. – 1990. – №2. – С. 5-15.
6. Мезенцев В.С., Карнаевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
7. Мезенцев В.С. Расчеты водного баланса. – Омск: Омск СХИ, 1976. – 76 с.
8. Волчек А.А., Грядунова О.И., Шпендик Н.Н. Изменчивость запасов продуктивной влаги минеральных почв Пружанского района // Брэсцкі геаграфічны вестнік. Том 1. (геаграфічныя і геаэкалагічныя праблемы Палескага рэгіёну). – Брэст, 2001. – Вып. 1. – С. 37-41.