

УДК 551*583.4:630*181.65

А.М. Митрайкина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КЛИМАТА И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

К настоящему времени наиболее изучена связь внешних факторов среды с величиной радиального прироста. Так, А.А. Яценко-Хмелевский в своей работе «Принципы систематики древесины» [21] представил обстоятельный обзор литературы по этому вопросу, начиная от Леонардо да Винчи, Монтеня и до наших дней. Позже проблему влияния внешних экологических факторов на динамику радиального прироста многолетней древесной растительности подробно изучали многие дендрохронологи – Т.Т. Битвинскас [5], Н.С. Fritts [2], Н.В. Ловелиус [14] и другие. Позднее, уже с новых позиций, зависимость величины радиального прироста (в том числе, ширины ранней и поздней древесины) и растительной продукции от факторов внешнего воздействия были исследованы И.В. Свицерской [17] и другими [6, 13].

Обобщая результаты указанных исследований, можно сделать следующий вывод – радиальный прирост древесины весьма изменчив по годам и зависит от многих как внешних, так и внутренних факторов. Однако оценка вклада этих факторов в отклик, каким выступает ежегодный радиальный прирост древесины, требует дальнейшего исследования.

Длительное время дендроклиматологи проводили исследования по установлению зависимости величины ежегодного радиального прироста от отдельных климатических характеристик. Между тем, интенсивность воздействия отдельных климатических факторов на радиальный прирост древесины зависит от географических условий, биологических особенностей породы, лесоводственных характеристик древостоя и т.д.

Влияние температуры на величину ежегодного радиального прироста прослежено дендроклиматологами Норвегии [1]. Подобные результаты получены И.Г. Кищенко [11], изучавшим линейный и радиальный приросты сосны в условиях Карелии.

С.И. Костин [12], проводивший исследования на территории Воронежской области, выявил зависимость величины радиального прироста дуба от количества выпавших осадков в течение года.

Однако ширину годичного кольца нельзя рассматривать в прямой зависимости от годового количества осадков. Важен учет внутригодового распределения влаги, в том числе и оценка ее количества в осенне-зимний период предыдущего года [18, 19]. Метеорологические условия предшествующего года также оказывают влияние на величину радиального прироста [2, 20].

О влиянии условий произрастания на величину радиального прироста обращал внимание А.А. Молчанов [16].

Влияние ценологических условий произрастания на годичный прирост сосны при одинаковых изменениях погоды подтверждается в работе В.Е. Вихрова и Р.Т. Протасевич [7]. Авторами отмечается, что в переувлажненных местах на прирост сосны по радиусу большее влияние оказывает температурный режим, а на сухой песчаной почве – количество выпавших осадков в вегетационный период. Иначе говоря, в зависимости от условий местообитания по годичному приросту сосны обыкновенной можно судить о динамике осадков и температурных условий.

А.М. Митряйкина

Таким образом, проведенный анализ свидетельствует о том, что условия лесостепи в многолетнем режиме представляют собой биологический оптимум для роста растений, и поэтому радиальный прирост древесины отражает интегрированное воздействие температуры и увлажнения. Это позволяет выделить качественные этапы благоприятных и неблагоприятных экологических периодов.

В качестве комплексной характеристики климатических условий в дендрохронологии чаще всего принято использовать гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), определяемый по формуле:

$$\hat{Q} = \frac{10 \cdot P}{\sum t}, \quad (1)$$

где P – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше $+10^\circ \text{C}$, $\sum t$ – сумма температур в градусах за это же время, $^\circ\text{C}$. ГТК является гидротермической характеристикой территории, который используется в агроклиматических оценках для сельскохозяйственных, большей частью, однолетних культур.

Анализ формулы (1) свидетельствует, что ГТК – это величина, с помощью которой делается попытка оценить комплексное воздействие осадков и температуры за вегетационный период года, а так как величина радиального прироста это результат воздействия ряда факторов в течение всего года и даже условий нескольких предшествующих лет, то применение данного коэффициента в нашем исследовании является не вполне обоснованным.

Условия тепло- и влагообеспеченности отдельных лет были обобщены нами с помощью коэффициента биоклиматического потенциала солнечной энергии – Q [8]:

$$Q = R \cdot \exp\left(-\left(\frac{R^{0,67}}{P} \cdot \frac{P_k}{m}\right)\right) \quad (2)$$

где R – радиационный баланс, $\text{кДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ и P – годовая сумма осадков, мм; m – величина растительного прироста, а P_k – показатель, отражающий интенсивность процесса гидратации минералов почвообразующих пород.

В более ранней работе [9] предложена эмпирическая зависимость, которая с дополнением множителя перевода в систему СИ имеет вид:

$$Q = aR \approx 41,868 \cdot \left[R \cdot e^{-18,8 \frac{R^{0,73}}{P}} \right], \quad (3)$$

где Q выражено в $\text{кДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$.

Из-за отсутствия, в некоторых случаях, прямых наблюдений за составляющими радиационного баланса, использована формула зависимости радиационного баланса от суммы активных температур воздуха выше $+10^\circ \text{C}$ ($\sum t > 10^\circ$), которая была получена для равнинной части ЕТС [10]:

$$R = 41,868 \cdot [0,0121 \cdot (\sum t > 10^\circ) + 9,9289], \quad (4)$$

где R – радиационный баланс, $\text{кДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$.

Коэффициент Q характеризует климатические условия всего календарного года (в том числе и те значения осадков и температуры, которые не зафиксированы ГТК), и поэтому его использование в нашем исследовании более корректно.

При сравнении синхронных значений ГТК и Q заметны существенные отличия (рис. 1).

Амплитуда числового ряда ГТК значительно превышает амплитуду значений Q (1,54 и 0,97 соответственно). Коэффициент вариации ГТК равен 33,0%, а Q – 15,7%.

Используя различные методы анализа, проведена оценка тесноты связи и установлена зависимость величин ГТК от Q . Так, коэффициент корреляции Q и ГТК на всем протяжении числового ряда составил 0,45. Для значения Q в пределах $728-1278 \text{ кДж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ коэффициент корреляции увеличился до 0,72 (рис. 2). Это означает, что в пределах указанного интервала связь ГТК и Q линейная, но за пределами этого интервала выделяется максимальная дисперсия (за счет максимальных и минимальных значений), что доказывает нелинейную зависимость величин ГТК от Q .

Использование показателей климата и солнечной активности при проведении дендроклиматических исследований

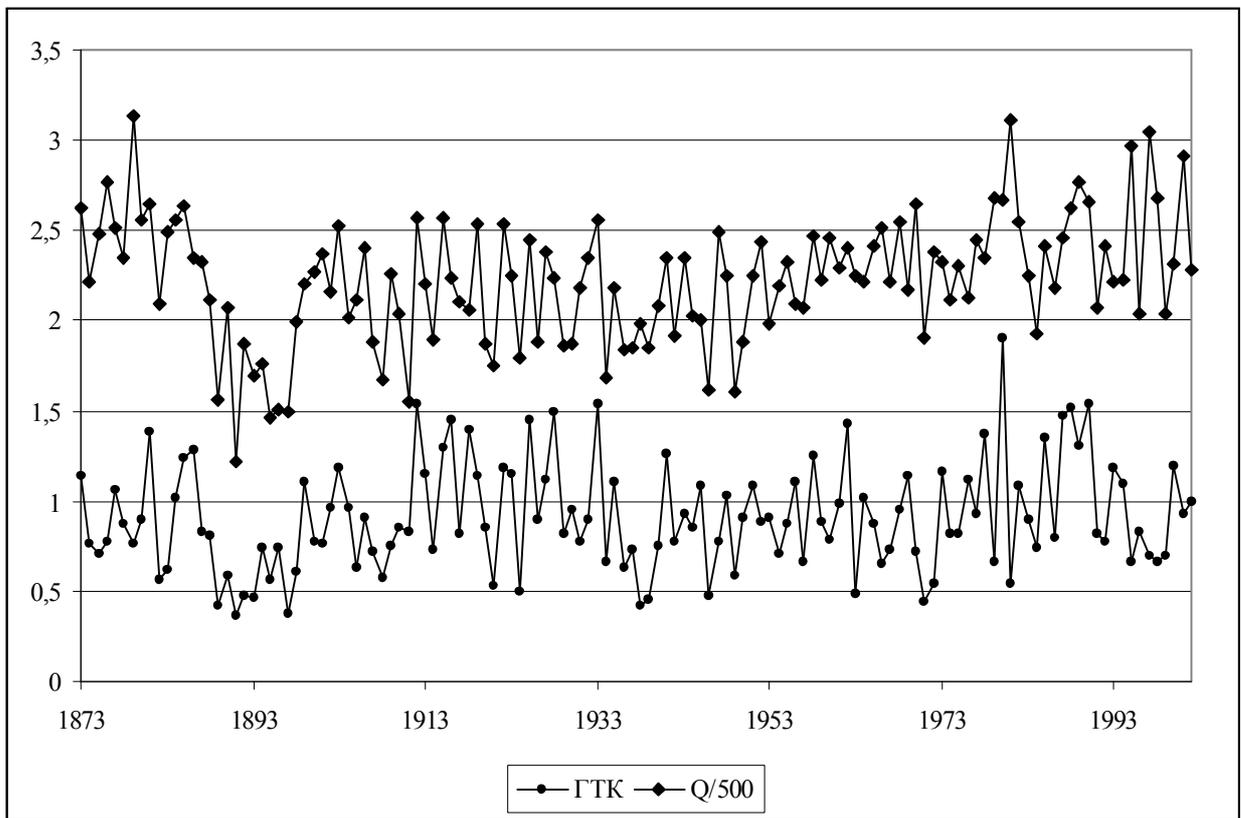


Рис. 1. Сравнение значений ГТК и Q по метеостанции «Воронеж»

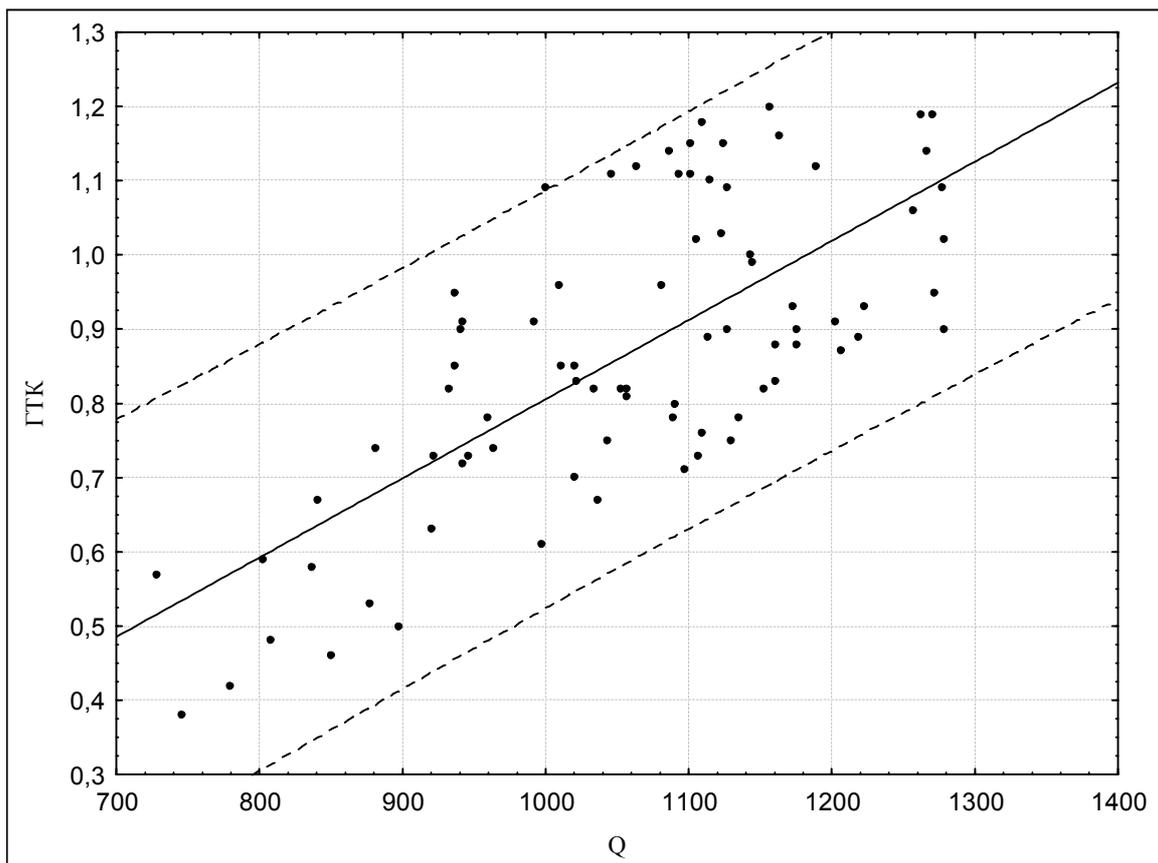


Рис. 2. Точечный график и теоретическая линия регрессии между величинами ГТК от Q

Экстремальные значения ГТК и Q наблюдаются в годы с экстремальными значениями осадков (в редких случаях имеется лаг в 1 год). И именно эти значения дают нелинейную зависимость величин ГТК от Q.

Нами установлена отрицательная слабая связь величин ГТК с Q:

$$\hat{Q} = -0,26 + 0,0011 \cdot Q, \quad (5)$$

где величина Q выражается в мм (или в % от среднего годового количества осадков).

Нормированные климатические показатели (температура, осадки, ГТК и Q) были обработаны методом периодограммного анализа, в результате чего был выявлен ряд скрытых периодичностей. Для значений Q четко выявлены циклы размерностью 10 лет (первый солнечный), 5-6 (половина первого солнечного), 3-4 (лунные или циклы засухи). Причем, периодограмма ГТК фиксирует только первый солнечный цикл из перечисленных выше, остальные циклы ряда значений ГТК имеют размерность 6,5, 1,4, 0,7, 0,5 лет и 3 года. Периодограмма суммы температур выше +10°С, также как и периодограмма количества осадков за вегетационный период, показывает двойной солнечный, первый солнечный, половину первого солнечного и цикл засухи. Данные по среднегодовому количеству осадков и среднегодовым температурам показывают циклы 7-8, 5 лет и 3-4 года. Итак, если ГТК отражает часть года, то и выявленные циклы связаны с периодом вегетации. Циклы, выявленные для показателей ГТК и Q, отражают не только внутригодовую, но и межгодовую периодичность, то есть циклы размерностью 10, 5-6 лет и 3-4 года. Это совместная область применения показателей ГТК и Q.

Цикличность в 5-6 лет явно соответствует колебаниям земной оси. Эти гармоника в вариациях земной погоды выражены наиболее ярко.

Проведенный нами по данным С.М. Матвеева [15] корреляционный анализ позволил установить: при сопоставлении значений ГТК с данными нормированного радиального прироста сосны обыкновенной (Воронежская область, Хреновской бор, урочище «Морозовская

роща») коэффициент корреляции равен 0,04 (слабая), а при сопоставлении этих же нормированных данных с величинами Q – 0,4 (умеренная). Теснота связи в обоих случаях положительная и при данных значениях коэффициента корреляции она не должна приниматься в расчеты ($r < 0,6$). Это можно объяснить тем, что экстремальные условия года оказывают влияние и на формирование кольца следующего года. Так мы исследовали полную ширину годичного кольца, формирование которого продолжается и после окончания вегетационного периода, что свидетельствует о большей приемлемости коэффициента Q для наших исследований, нежели ГТК.

Нами было изучено 23 породы древесных растений в возрасте от 5 до 224 лет, произрастающих на территории Центральной лесостепи. Центральная лесостепь характеризуется засушливыми климатическими условиями с неравномерным увлажнением, как в течение года, так и по отдельным годам, поэтому основным фактором, лимитирующим радиальный прирост древостоев, является влага.

На основе данных ежегодного радиального прироста деревьев и отдельных климатических параметров (методом корреляционного анализа) предложена шкала древесных пород (курсивом выделены деревья-интродуценты) по динамичности и сенсорности к условиям теплообеспеченности (1) и влагообеспеченности (2):

1. *лжетсуга тисолистная (0,71) > сосна Веймутова (0,53) > лещина обыкновенная (0,47) > акация белая (0,42) > вишня-анטיפка (0,39) > тополь дрожащий (осина) (0,38) > груша обыкновенная (0,33) > дуб черешчатый (0,31) > липа мелколистная (0,30) > клен полевой (0,28) > сосна обыкновенная, береза повислая (0,27) > сосна кедровая (0,26) > сосна меловая (0,25) > тополь черный (осоколь), клен ясенелистный (0,23) > ольха серая (0,20) > тополь серебристый (0,19) > берест (вяз граболистный) (0,18) > черемуха обыкновенная, ель колючая (0,16) > ясень (0,1);*

2. *черемуха обыкновенная (0,59) > лжетсуга тисолистная (0,45) > вишня-анטיפка (0,43) > сосна Веймутова, тополь дрожащий*

Использование показателей климата и солнечной активности при проведении дендроклиматических исследований

(осина) (0,41) > лещина обыкновенная, береза повислая (0,39) > клен ясенелистный (0,37) > ель колючая (0,36) > тополь черный (осокорь) (0,34) > акация белая (0,32) > берест (вяз граболистный) (0,31) > груша обыкновенная, липа мелколистная (0,30) > сосна кедровая (0,27) > сосна меловая (0,25) > ольха серая (0,23) > клен полевой (0,21) > сосна обыкновенная (0,19) > дуб черешчатый, тополь серебристый (0,15) > ясень (0,12).

Из изученных нами пород только некоторые сильнее зависимы от условий влагообеспеченности, чем от теплообеспеченности территории: береза повислая, тополь черный, клен ясенелистный, акация, ольха, берест, ясень.

На основе корреляционного анализа нами была предложена шкала древесных пород (*курсивом выделены деревья-интродуценты*) по динамичности и сенсорности к условиям среды (Q):

сосна Веймутова (0,59) > лжетсуга тисолистная (0,53) > черемуха обыкновенная (0,47) > лещина обыкновенная (0,46) > тополь дрожащий (осина), береза повислая (0,44) > акация белая (0,41) > сосна кедровая (0,39) > вишня-антика (0,34) > дуб черешчатый (0,33) > ель колючая (0,31) > клен ясенелистный, тополь черный (осокорь), берест (вяз граболистный) (0,30) > липа мелколистная (0,27) > сосна обыкновенная (0,23) > груша обыкновенная (0,22) > клен полевой (0,21) > ольха серая (0,20) > ясень (0,18) > сосна меловая (0,17) > тополь серебристый (0,12).

Полученные результаты позволяют сформулировать следующий вывод: для изучения особенностей биоклиматических условий в зоне лесостепи наиболее чувствительными объектами, среди вышеперечисленных пород деревьев, являются деревья-интродуценты (особенно хвойные породы), так как у них наиболее тесная связь с величиной Q.

В нашем исследовании мы задействовали метод фрактального анализа временных рядов.

В последнее время установлено [3, 4], что такие структурные алгоритмы как фракталы, хорошо описывают помимо формы природных объектов (геометрия деревьев, русел рек, изменение уровней водной поверхности, подзем-

ных вод, очертаний береговых линий, облаков, зон дождя, площади речного бассейна, рядов урожайности сельскохозяйственных культур) еще и ход естественных циклически повторяющихся процессов.

В.В. Адерихин, А.Г. Буховуц [3] проводили фрактальный анализ годового стока р. Дон у г. Калач на Дону. Полученные результаты говорят о персистентности ряда (характеризуется долговременной памятью). Г.А. Бабков, М.Д. Касаева, В.А. Перепелица [4] исследовали череду урожайных, неурожайных и среднеурожайных лет в отдельном регионе. Результатом исследований стало выявление долговременной памяти. На основе этого был составлен прогноз урожайности на следующий год. Таким образом, большое значение будет иметь определение для самоподобных периодических процессов дробных значений фрактальной размерности.

Исследование климатических характеристик проводили посредством R/S-анализа. Этот подход был предложен Г. Херстом специально для исследования природных временных рядов.

Показатель Г. Херста (H) вычисляется следующим образом:

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(N) - \log(a)}, \quad (6)$$

где R – значение амплитуды накопленных отклонений, S – величина стандартного отклонения, N – длина временного ряда, a – величина параметра из интервала (0;1).

Нами были проанализированы ряды наблюдений за среднегодовой температурой воздуха продолжительностью 99 лет (Тамбовская область), за среднегодовым количеством осадков – 57 лет (Белгородская область), 100 лет (Тамбовская область), 141 год (Воронежская область), ГТК – 130 лет, Q – 130 лет (Воронежская область). Для изученных рядов величина показателя Херста колебалась в пределах 0,50-0,71, что свидетельствует о персистентности ряда и о наличии долговременной памяти (если ряд возрастал в предыдущий период, то вероятнее всего в последующий период он будет также возрастать, и наоборот).

Погодные гидрологические условия отдельных лет дают характеристический портрет климата по прошествии 10,8-11,6 лет, а термические – 12,7 лет. Самоподобие временного ряда Q в фрактальном выражении имеет временную реализацию в 10,0 лет, а ГТК – 11,8 лет. Поэтому связь радиального прироста древесины с метеорологическими условиями должна оцениваться при длительности периода не менее 15 лет, с учетом феномена инерционности природных процессов.

Проведенные исследования позволили выделить генетическое начало периодов. Для гидрологических условий это – 1946, 1957-58, 1971, 1984-85 гг., для термических – 1908, 1919, 1933, 1945, 1956, 1969, 1976, 1987 гг.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. при проведении дендроклиматических исследований более корректно использование коэффициента биоклиматического потенциала солнечной энергии – Q (при анализе полной ширины годичного кольца), так как Q характеризует необходимые для нас климатические условия всего календарного года (в том числе и те значения осадков и температуры, которые не зафиксированы ГТК);

2. выявлено наличие нелинейной зависимости значений ГТК и Q, за счет наличия ряда лет с экстремальными значениями осадков (в редких случаях имеется лаг в 1 год). И именно эти значения дают нелинейную зависимость величин ГТК от Q;

3. установлена отрицательная умеренная связь величин ГТК с Q;

4. методом периодограммного анализа установлена размерность циклов межгодовой периодичности: 10, 5-6, 3,4 года;

5. предложена шкала древесных пород (изучено 23 породы) по динамичности и сенсорности к условиям теплообеспеченности, влагообеспеченности, к условиям среды (Q). В результате установлены породы-индикаторы – хвойные-интродуценты;

6. проведенный фрактальный анализ свидетельствует о персистентности исследуемых временных рядов и о наличии долговременной памяти, что позволило выделить генетическое

начало периодов гидрологических и термических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eidem P. Om svingninger i tikkelsestilveksten Meddelelse Norske stogorsoksesvesen / P. Eidem – Oslo, 1953. – 85 p.

2. Fritts H.C. Tree rings and climate / H.C. Fritts – London; New York; San Francisco: Academic press, 1976. – 566 p.

3. Адерихин В.В. Исследование временных рядов с помощью фрактального анализа / В.В. Адерихин, А.Г. Буховиц // Доклады и краткие сообщения XIX пленарного межвузовского координационного совещания по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Белгород, 2004. – С. 48-49.

4. Бабков Г.А. Фрактальный анализ одного временного ряда урожайностей / Г.А. Бабков, М.Д. Касаева, В.А. Перепелица // Сборник научных трудов V всероссийского симпозиума «Математическое моделирование и компьютерные технологии». – Кисловодск, 2002. – С. 5-7.

5. Битвинская Т.Т. Дендроклиматические исследования / Т.Т. Битвинская. – Л.: Гидрометеиздат, 1974г. – 172 с.

6. Ваганов Е.А. Рост и структура годичных колец хвойных / Е.А. Ваганов, А.В. Шашкин. – Новосибирск: Наука, 2000. – 232 с.

7. Вихров В.Е. Прирост древесины сосны в связи с условиями обитания и изменениями погоды / В.Е. Вихров, Р.Т. Протасевич // Экология древесных растений. – Минск, 1965. – С. 92-100.

8. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования / В.Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 126 с.

9. Волобуев В.Р. Энергетика почвообразования / В.Р. Волобуев // Изв. АН СССР. Сер. биол. – 1959. – № 1. – С. 45-54.

10. Давитая Ф.Ф. Проблема прогноза, испаряемости и оросительных норм / Ф.Ф. Давитая, Ю.С. Мельник. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 71 с.

11. Кищенко И.Г. Формирование клеточных оболочек трахеид ствола сосны в Южной Карелии / И.Г. Кищенко // Лесоведение. – 1988. – Вып. 6. – С. 80-82.

12. Костин С.И. Повторяемость засушливых и влажных периодов в центральной части лесостепи Русской равнины / С.И. Костин // Вопросы повышения продуктивности лесного хозяйства: Науч. зап. Воронеж. лесотехн. ин-та. – Воронеж, 1963. – Т. XXIX, вып. 1. – С. 91-101.

13. Лазуренко Л.Б. Дендроклиматология сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) в условиях Центральной лесостепи: Автореф. дис... канд. биол. наук / Л.Б. Лазуренко. – Воронеж, 2002. – 22 с.

14. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н.В. Ловелиус. – Л.: Наука, 1979. – 232 с.

15. Матвеев С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи / С.М. Матвеев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 272 с.

16. Молчанов А.А. Изменчивость ширины годичного кольца в связи с изменением солнечной

К вопросу создания ландшафтно-экологического каркаса Задонского района Липецкой области

активности / А.А. Молчанов // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. – М., 1970. – С. 3-49.

17. Свидерская И.В. Гистометрический анализ закономерностей сезонного формирования древесины хвойных: автореф. дис... канд. биол. наук / И.В. Свидерская. – Красноярск, 1999. – 21 с.

18. Смоляк Л.П. Влияние уровня грунтовых вод на потребление минеральных веществ сосной из почвы / Л.П. Смоляк, В.С. Победов // Докл. АН БССР. – 1963. – Т. 7, вып. 9. – С. 624-627.

19. Тарасов А.И. Об изменчивости годичного прироста ели по толщине в связи со степенью угнетения деревьев и колебаниями погодных условий / А.И. Тарасов // Лесоведение. – 1962. – Вып. 2. – С. 24-32.

20. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – М.; Л., 1952. – 600 с.

21. Яценко-Хмелевский А.А. Принципы систематики древесины / А.А. Яценко-Хмелевский // Тр. Ботан. ин-та АН Арм. ССР. – 1948. – Т. 5. – С. 5-156.

УДК 911.52(470.322)

В.Б. Михно, А.В. Кучин

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА ЗАДОНСКОГО РАЙОНА ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

К постановке вопроса. Ландшафтно-экологическая обстановка в ряде районов Центрального Черноземья достаточно напряженная. Причина – неблагоприятные естественные и антропогенные факторы, оказывающие негативное воздействие на природную среду. В настоящее время в улучшении экологических условий нуждаются не только территории с высоко развитой промышленностью, но и многие аграрные районы. К одному из них принадлежит Задонский район Липецкой области. Поскольку Задонский район по многим природным и социально-экономическим признакам является типичным для лесостепи известнякового севера Среднерусской возвышенности, то он был избран в качестве эталонного объекта для изучения приемов проектирования и создания оптимальных ландшафтно-экологических каркасов в рамках административных единиц аналогичного ранга.

Длительная и интенсивная, преимущественно сельскохозяйственная, направленность освоения и использования природных ресурсов Задонского района оказала не только положительное, но и негативное влияние на его ландшафтно-экологическую обстановку. В историческое время на его территории существенно сократилась площадь лесов, активизировались эрозионные процессы, снизилось плодородие почв, исчезли многие виды живот-

ных и растений. В последние десятилетия усилился антропогенный пресс на естественные ландшафты, происходит заметное загрязнение воздуха, земель и подземных вод. Все это вызывает регрессивную трансформацию ландшафтов, выражающуюся в сокращении их разнообразия, снижения природного потенциала, ослабление средовоспроизводящих функций и устойчивости. Учитывая сложившуюся ситуацию, предпринята попытка разработать на основе ландшафтного планирования и проектирования комплекс мероприятий, направленных на стабилизацию и оптимизацию экологического состояния природно-территориальных комплексов района. Главная роль при этом отведена формированию оптимального ландшафтно-экологического каркаса (ЛЭК) – основного рычага управления развитием ландшафтов. Значимость экологического каркаса в оптимизации природной среды показана в работах многих исследователей [8, 9, 7, 13, 14].

Современное ландшафтно-экологическое состояние Задонского района. Задонский район – территориальное образование в южной части Липецкой области. Его площадь составляет 1504,6 км². Из них 880 км² – пахотные земли, 245 км² – леса, 12 км² – водные объекты [2]. Население составляет 38,8 тыс. чел. Средняя плотность – 26 чел. на 1 кв. км, число сельских населенных пунктов 124 [17].