

На правах рукописи

Аблова Ирина Михайловна



**АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ УРОЖАЙНОСТИ  
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Специальность 03.00.16- ЭКОЛОГИЯ

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**

Омск-2005

Работа выполнена на кафедре экологии и охраны окружающей среды химико-биологического факультета Омского государственного педагогического университета

Научный руководитель доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Калиненко Николай Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор  
Березин Леонид Владимирович  
  
кандидат биологических наук,  
доцент  
Зарипов Рафаил Гарифович

Ведущая организация: Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

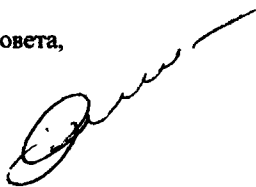
Защита состоится " 18 " ноября 2005г. в 10 часов на заседании диссертационного совета К 212.177.02. при Омском государственном педагогическом университете по адресу: 644099, г. Омск, ул. Набережная Тухачевского, 14.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Омского государственного педагогического университета.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять в адрес университета на имя ученого секретаря Совета: 644099, г. Омск, ул. Набережная Тухачевского, 14, ауд. 330.

Автореферат разослан " 17 " октября 2005г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
Кандидат биологических наук



С.А.Соловьев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Изучение закономерностей влияния экзогенных факторов на процессы жизнедеятельности и продуктивности агроландшафтов приобретает все большее значение в связи с возрастающей актуальностью проблемы получения высокопродуктивных растительных сообществ и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Исследования в области "климат - урожай" приобрели широкий размах, однако разброс оценок и мнений экспертов о климатическом потенциале продолжает оставаться очень значительным. Увеличение урожайности культур произойдет не только за счет достижений в области селекции или изменений в направлении агротехнических мероприятий, сколько благодаря совершенствованию путей получения информации о климате и его влиянии на продуктивность сельскохозяйственных культур. Продуктивность агроценозов зависит от многих факторов среды их обитания, среди которых климатические и погодные занимают существенное место. Неустойчивость погоды обуславливает значительную изменчивость урожаев сельскохозяйственных культур. Согласно А.П. Лосеву и Л.Л. Журиной (2001), на долю погодных условий приходится 40-50 % общей амплитуды колебаний урожайности культур и лишь 1/3 посевных площадей расположена в зоне гарантированных урожаев.

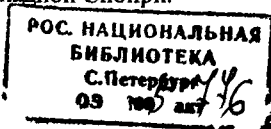
Климат и сельскохозяйственное производство тесно связаны между собой. Средством выражения этой взаимосвязи служит система агроклиматических показателей развития, роста и продуктивности растений. Эти показатели должны строится на познании климата как потенциального ресурса и условия сельскохозяйственного производства.

Таким образом, в условиях повышения продуктивности агроландшафтов стала актуальной проблемой необходимость оценки агроклиматического потенциала урожайности сельскохозяйственных культур на территории Западной Сибири.

**Цель работы:** определить потенциал теплоэнергетических и радиационных ресурсов урожайности зерновых культур на территории Западной Сибири.

Для достижения цели нами были поставлены следующие задачи:

1. Рассчитать обеспеченность вегетационного периода зерновых культур ресурсами фотосинтетически активной радиации.
2. Дать оценку теплоэнергетических ресурсов вегетационного периода зерновых культур.
3. На основе корреляционного анализа определить степень зависимости урожайности озимых зерновых культур, яровых зерновых культур от метеорологических условий на территории Западной Сибири.



4. Провести расчеты потенциальной и климатически обусловленной продуктивности яровых и озимых культур.

5. Разработать агроэкологическое районирование территории Западной Сибири с учетом потенциальной и климатически обусловленной урожайности сельскохозяйственных культур.

**Объект исследования:** радиационные и теплоэнергетические ресурсы территории Западной Сибири.

**Предмет исследования:** агроклиматический потенциал урожайности зерновых культур на территории Западной Сибири.

**Информационной базой исследования** послужили многочисленные литературные и картографические источники, статистические материалы Госкомстата РФ, ГУ Омского ЦГМС, фондов архива Управления сельского хозяйства, Омского областного комитета государственной статистики.

Для решения задач исследования использовали следующие методы: метод теоретического анализа, картографический метод, исторический, статистический, метод корреляционного анализа.

**Научная новизна.** На основании комплексных исследований впервые на территории Западной Сибири изучены радиационные и теплоэнергетические ресурсы продуктивности зерновых культур. На основе расчетов для территории Западной Сибири определены потенциальная урожайность зерновых культур по обеспеченности агроландшафтов энергией ФАР и климатически обусловленная урожайность по обеспеченности вегетационного периода ресурсами тепла и влаги. На основе выполненных расчетов урожайности впервые выполнено агроэкологическое районирование территории Западной Сибири.

**Теоретическое и практическое значение работы.** На основе количественной теории, процесс формирования урожая сельскохозяйственных культур рассмотрен как сложная совокупность целого ряда физиологических процессов, интенсивность и направленность которых определяются не только факторами внешней среды и биологическими особенностями растений, но и взаимосвязью самих процессов. Результаты исследования представляют собой теоретическое обобщение в области изучения влияния агрометеорологических условий на фотосинтетическую продуктивность посевов. В работе было развито представление о закономерностях формирования потенциальной и климатически обусловленной урожайности зерновых культур на территории Западной Сибири.

Основные положения и выводы диссертационного исследования используются в процессе преподавания курсов "География региона", "Экономика Омской области", факультативного курса "Рациональное природопользование".

### **Положения, выносимые на защиту:**

- 1). Ресурсы фотосинтетически активной радиации обеспечивают получение высоких потенциальных урожаев зерновых культур на территории Западной Сибири при условии оптимального сочетания факторов тепла и влаги.
- 2). Наибольшее влияние на урожайность зерновых культур оказывают метеорологические условия вегетационного периода.
- 3). Климатические ресурсы, в частности тепло и влагообеспеченность вегетационного периода, являются лимитирующими в продуктивности зерновых культур на территории Западной Сибири.

**Апробация работы.** Основные положения работы и полученные результаты исследования были представлены на региональной конференции "Рекреационно-экологический потенциал Зауралья и сопредельных территорий" (г. Курган, 2000); конференции "Проблемы геологии и географии Сибири", серия "Науки о Земле" (г. Томск, 2003), школе-семинаре "Роль географии в решении экологических проблем современности" (г. Томск, 2001).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 статей.

**Структура диссертации.** Диссертация изложена на 162 страницах машинописного текста, включая 25 таблиц, 30 рисунков и 22 приложения. Работа состоит из введения, 4 глав, выводов, списка литературы и приложения. Список литературы включает 177 источников, в том числе на иностранном языке-10.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулирована цель работы, определены задачи, предмет защиты, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

### **1. Обзор литературы**

Характеристика территории с точки зрения возможностей развития растениеводства предполагает оценку агроклиматических ресурсов, т.е. совокупности агроклиматических условий, обуславливающих урожай возделываемых в данном регионе культур. Под агроклиматическими условиями Лосев А.П. с соавт. (2001) понимают сочетание агрометеорологических элементов температуры воздуха и почвы, осадков, потоков лучистой энергии и т.д. за многолетний период. Агроклиматические ресурсы складываются, прежде всего, из ресурсов главных факторов жизни растений: света, тепла, влаги.

В результате многочисленных исследований (Рабинович, 1953; Ефимова, 1977; Ничипорович, 1982, 1988; Ефимов, 1988) показано, что максимумы поглощения полихроматического луча зеленым листом лежат в двух областях спектра: синей и красной, таким образом, область фотосинтетически активной радиации расположена в спектре волн 0,38-0,71 мкм. Максимальное использование ФАР посевами наблюдается в том случае, когда приход энергии

солнечной радиации сбалансирован с факторами, лимитирующими продуктивность: влагой, теплом, минеральными ресурсами.

Среди агроклиматических факторов, оказывающих наибольшее влияние на урожайность зерновых культур, В.М. Пасов (1973, 1986), Д.Н. Щенина (1978), Т.В. Старостина (1983, 1990) отмечают большое значение условий увлажнения. Исследованиями установлена наибольшая зависимость урожайности зерновых культур от величины ГТК Селянинова ( $r = 0,67-0,88$ ), запасов влаги в слое почвы 0-40 см ( $r = 0,77$ ). Согласно исследованиям Д.А. Дымарчук (1983), корреляционные зависимости между урожаем и суммой осадков за период январь-март составляют  $r = 0,57$ ; суммой осадков за январь-апрель  $r = 0,69$ ; суммой осадков за январь-май  $r = 0,53$ ; суммой осадков за апрель-июнь  $r = 0,53$ ; суммой осадков за апрель-июль  $r = 0,86$ .

При выявлении корреляционной зависимости между урожайностью яровых культур и температурой воздуха июля С.Л. Плучик (1991), М.В. Бродский с соавт. (1993) отмечают отрицательный характер этой зависимости: высокие температуры обуславливают шуплое зерно и низкие урожаи. Отрицательное влияние в период вегетации оказывают температуры выше  $+20-24$  °С. Исследования Ю.И. Чиркова (1977) подтверждают, что скорость развития растений возрастает пропорционально повышению температуры среды лишь в пределах от биологического минимума температуры до средней суточной температуры  $+18-20$  °С, при дальнейшем повышении температуры развитие растений уже не ускоряется или даже замедляется.

Большое внимание в агрометеорологии уделяется освещению вопросов связанных с особенностями зимнего периода вегетации озимых культур (Пигарева, 1980; Золотокрылин, 1987,1990; Пасов, 1973; Шульгин, 1960, 1975; Уланова, 1975). Период перезимовки, согласно В.М. Личикаки (1971,1974), определяется средней температурой почвы на глубине 3 см. Установленная им зависимость между температурой вымерзания и урожайностью характеризуется  $r = 0,80 \pm 0,049$ .

В результате исследований В.А. Моисейчик (1975; с соавт. 1982, 1986) выделены наиболее значимые метеорологические факторы, определяющие условия перезимовки озимых культур: 1) абсолютный минимум температуры почвы на глубине узла кущения ( $r = -0,824$ ); 2) минимальная температура воздуха при высоте снежного покрова 10 см ( $r = -0,557$ ); 3) кустиность культуры осенью ( $r = -0,772$ ).

В зависимости от лимитирующих климатических факторов Х. Тоолинг (1977), М.И. Черникова (1984), А.Я. Долевой (1992), А.П. Лосев с соавт. (2001) выделяют следующие уровни урожайности: 1) потенциальной, 2) климатически обусловленной, 3) действительно возможной, 4) хозяйственной. Потенциальная урожайность –это теоретически возможный урожай, который, согласно определению А.Я. Долевого (1992), А.П. Лосева с соавт. (2001), может быть получен в идеальных почвенно-климатических условиях. Потенциальный

урожай определяется ресурсами фотосинтетически активной радиации. Климатически обусловленная урожайность – урожай, который определяется лимитирующим действием метеорологических факторов в период вегетации. Климатически обусловленная урожайность теоретически может быть получена в конкретных климатических условиях на плодородной почве при соблюдении приемов агротехники. Действительно возможная урожайность теоретически может быть получена при фактическом почвенном плодородии в реальных климатических условиях. Хозяйственная урожайность характеризует фактическую продуктивность посева.

Потенциальная, климатически обусловленная и действительно возможная урожайность, согласно определению А.Я. Долевого (1992), являются категориями агроэкологическими, тогда как хозяйственная урожайность представляет собой категорию хозяйственно-экономическую.

Точный количественный и качественный учет основных агроклиматических ресурсов является условием рационального размещения сельскохозяйственных культур. При районировании территории ряд исследователей (Шашко, 1967, 1985; Колосков, 1958, 1971; Понько, 1987; Раковецкая, 1989; Сухова, 2003) используют агроклиматические показатели, обеспечивающие возделывание тех или иных сельскохозяйственных культур. В основу районирования территории положены теплообеспеченность, влагообеспеченность периода вегетации культур, для озимых культур - условия осенне-зимнего периода.

## 2. Методы исследования

Оценка показателей радиационного режима посевов проводилась путем анализа данных климатических справочников, таблиц ТМ-1, ТМ-13. В работе оценивали продолжительность солнечного сияния, величину прямой и рассеянной солнечной радиации, величину и поле распределения ФАР за период активной вегетации.

Для определения месячных сумм ФАР использованы расчеты Молдау Х. и Росс Ю.К.(1963).

Эффективность использования ФАР рассчитывали на основе данных о теплоте сгорания и величине поступающей ФАР:

$$r = \frac{q \cdot V \cdot 100}{\sum Q}$$

где  $r$  – КПД ФАР, %;

$q$  – удельная теплота сгорания, кДж/г;

$V$  – общий урожай сухой фитомассы, г/м<sup>2</sup>;

$\sum Q$  – сумма ФАР за вегетационный период, кДж/м<sup>2</sup>

При оценке теплообеспеченности территории в агрометеорологии получили широкое применение суммы температур как показатель,

характеризующий в условных единицах количество тепла за определенный период. В работе выполнен анализ сумм температур выше  $+5^{\circ}\text{C}$  и  $+10^{\circ}\text{C}$  по 238 метеорологическим станциям Западной Сибири. В работе дана оценка пространственного распределения безморозного периода, продолжительности вегетационного периода, периода с температурами выше  $+20^{\circ}\text{C}$ .

В работе определен коэффициент обеспеченности тепловыми ресурсами вегетации зерновых культур ( $C$ ), который представляет собой отношение значения метеорологического элемента ( $x$ ) к оптимальной его величине для данной сельскохозяйственной культуры ( $x_{\text{опт}}$ ). В работе рассчитан коэффициент теплообеспеченности вегетации раннеспелых, среднеспелых и позднеспелых сортов яровой пшеницы, овса, ячменя с вероятностью 80 % лет.

Особенности вегетационного периода культур определяются тепловыми ресурсами и ресурсами влагообеспеченности. Соотношение тепловых и водных ресурсов характеризуется коэффициентом увлажнения. При расчете коэффициента увлажнения использовали соотношение  $Z_m$  (определяется тепловыми ресурсами вегетационного периода) и  $KX$  (суммарные ресурсы увлажнения).

При характеристике вегетации озимых культур были определены и картированы показатели: средней температуры самого холодного месяца, среднего из абсолютных минимумов температуры воздуха, высоты снежного покрова за период с наиболее низкой температурой воздуха, средней из наибольших высот снежного покрова.

Для оценки условий перезимовки озимых культур использован комплексный показатель (Моисейчик, 1975, 1982, 1986), учитывающий средние многолетние значения минимума температуры воздуха, максимальную глубину промерзания почвы, продолжительность периода со снежным покровом, а также критические температуры вымерзания различных сортов озимых культур.

При величине  $K > 1$  наблюдается вымерзание озимых культур более чем на 30 % посевной площади, при  $K < 1$  вымерзание озимых культур наблюдается менее чем на 10 % посевной площади.

Оценка продуктивности агроклиматических ресурсов складывалась из этапов:

- 1) расчет потенциальной урожайности зерновых культур по ресурсам ФАР при условии оптимального увлажнения и теплообеспеченности вегетации.
- 2) расчет климатически обусловленной урожайности по ресурсам влагообеспеченности;

Расчеты выполнялись для двух уровней влагоресурсов: на первом уровне за влагоресурсы приняты годовые суммы осадков с коэффициентом 0,7; на втором этапе влагообеспеченность посевов определялась как сумма осадков и запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см за период вегетации культуры.



3) расчет урожайности по биогидротермическому потенциалу А.М. Рябчикова (1972):

$$K_p = \frac{W T_v}{8,595R}$$

где  $K_p$  - биогидротермический потенциал продуктивности, балл;

$R$  - радиационный баланс, МДж/м<sup>2</sup>/год;

$W$  - ресурсы продуктивной влаги за период вегетации, мм;

$T_v$  - период вегетации, декады.

Укоу зерна далее рассчитывалось по формуле:

$$У_{коу} = \beta K_p K_m$$

где  $\beta$  принималось равным 20 ц абсолютно сухой биомассы на 1 га.

Выявление в колебаниях урожайности двухлетней цикличности определялось путем подсчета средней урожайности за четные  $У_{ч}$  и нечетные  $У_{н}$  годы.

### 3. Результаты изучения теплоэнергетических и радиационных ресурсов климата

Распределение годовых значений продолжительности солнечного сияния характеризуется увеличением этого показателя в южном направлении: от 1500 часов (Тазовское) до 2310 часов (Русская Поляна). Для внутригодового хода максимальные значения продолжительности солнечного сияния характерны для летнего периода. Летом на широте 66-67° с.ш. в связи с увеличением продолжительности дня число часов солнечного сияния значительно возрастает (Салехард - 757 часов, Тазовское - 736 часов). Увеличение продолжительности дня в северных широтах в вегетационный период удлиняет период фотосинтеза растений. В результате этого сельскохозяйственные культуры накапливают даже в условиях короткого лета большую биомассу.

Для годового хода ФАР на территории Западной Сибири характерно нарастание месячных сумм значений к июню, что связано с увеличением полуденной высоты солнца и продолжительности дня. Так, на севере территории в июне величина ФАР составляет 310 МДж/м<sup>2</sup> (Салехард), увеличиваясь к югу до 350 МДж/м<sup>2</sup> (Омск). В июле в некоторых районах эти максимальные значения сохраняются, но в ряде пунктов они уменьшаются на 10-20 МДж/м<sup>2</sup>. Величина ФАР, поступающая к посевам в период вегетации ограниченными температурами +5°С весной и +10°С осенью составляет 850-1350 МДж/м<sup>2</sup>; за период с температурами выше +10°С изменяется от 700 МДж/м<sup>2</sup> на севере до 1400 МДж/м<sup>2</sup> на юге территории. Во второй половине года отмечается уменьшение значений сумм ФАР, минимальные значения наблюдаются в декабре-январе: до 2-5 МДж/м<sup>2</sup> на севере (Салехард) и 30-35 МДж/м<sup>2</sup> на юге (Омск).

При оценке эффективности использования посевами ФАР анализировали данные наблюдений за период 1955-2000 г.г. В результате расчетов были получены следующие данные по величине использования посевами энергии ФАР: на территории Кемеровской области до 0,45 %, в Новосибирской области до 0,37 %, в Омской области до 0,38 %, в Томской области до 0,44 %, в Тюменской области до 0,52 %.

В настоящее время в условиях хорошей влагообеспеченности посева и при достатке питательных веществ коэффициент использования ФАР на уровне 2-2,5 % следует считать реальным для всех хозяйств (Резникова, 1993). Согласно этому, были получены значения аккумуляции ФАР зерновыми культурами, возможный урожай зерна на территории Западной Сибири при условии использования 2,5 % приходящей ФАР. По результатам расчетов можно сделать вывод, что наибольшее количество энергии ФАР аккумулируют посевы озимых культур: пшеницы до 300 млн кДж/см<sup>2</sup>, ржи до 280 млн кДж/см<sup>2</sup>, что можно объяснить более длительным периодом вегетации. При условии использования 2,5 % ФАР возможно получение значительных урожаев зерновых культур: озимой пшеницы до 69-73 ц/га; яровой пшеницы до 70-77 ц/га; ячменя до 66-70 ц/га; овса до 64-65 ц/га.

В работе был определен коэффициент 80 % обеспеченности теплом вегетации раннеспелых, среднеспелых и позднеспелых сортов яровой пшеницы твердой, яровой пшеницы мягкой, овса и ячменя. Дальше всех из зерновых распространены на север посеги ячменя, граница успешного вызревания в 8 из 10 лет раннеспелых сортов ячменя - верховье р. Казыма и широтное течение р. Таз. Северная граница возделывания раннеспелых сортов яровой пшеницы мягкой, обеспеченных теплом в 80 % лет, ограничена течением р. Вах и широтным течением р. Оби. Северная граница возделывания раннеспелых сортов яровой пшеницы твердой ограничена течением р. Тым - средним течением р. Бол. Юган - устьем р. Иртыш. Северная граница успешного получения урожаев раннеспелых сортов овса ограничена течением р. Вах - широтным течением р. Оби - нижним течением р. Оби.

Ранжирование проведенных расчетов показателя суровости зимнего периода, где 3 балла и более - очень суровая зима, 2-3 балла - весьма суровая зима, 1-2 балла - суровая зима, менее 1 балла - мало суровая зима, позволяет утверждать, что территория Западной Сибири характеризуется преобладанием сурового типа зимы.

Результаты бонитировки по уровню биологической продуктивности климата (рис.1) позволили выделить следующие уровни продуктивности: менее 20 баллов - очень низкий уровень продуктивности; 21-60 баллов - низкий уровень продуктивности; 61-80 баллов - пониженный уровень продуктивности; 81-100 баллов - средний уровень продуктивности. Результаты бонитировки позволяют сделать вывод, что большая часть территории современного

зернового земледелия Западной Сибири характеризуется пониженным и средним уровнем биологической продуктивности климата.

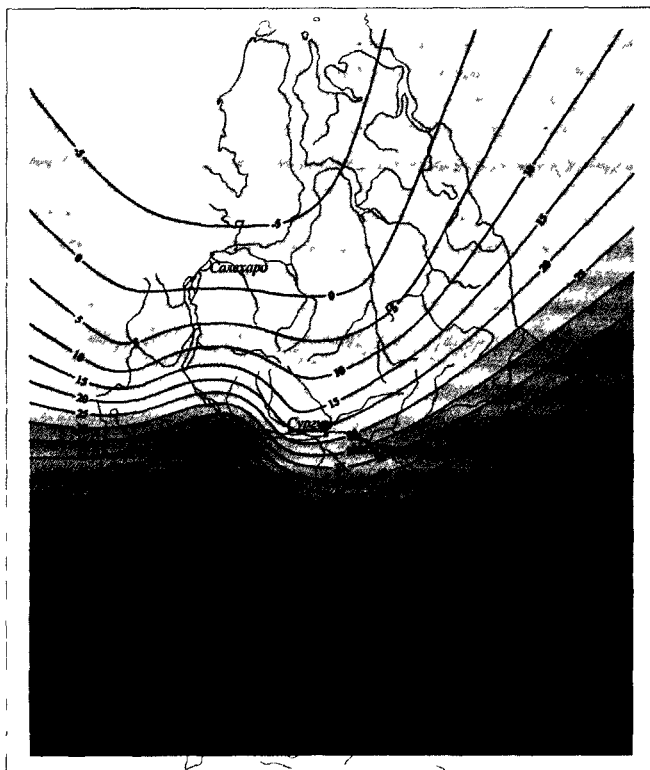


Рис. 1. Зоны биоклиматической продуктивности, баллы

#### 4. Результаты исследования климатического потенциала урожайности зерновых культур

Анализ корреляционной зависимости урожайности зерновых культур и метеорологических показателей в Омской области позволил установить различные по тесноте и направлению связи между изучаемыми показателями. Высокая степень корреляции наблюдается между урожайностью зерновых культур и условиями увлажнения за период январь-май: яровой пшеницы ( $r = 0,82$ ;  $P < 0,05$ ), овса ( $r = 0,94$ ;  $P < 0,01$ ), ячменя ( $r = 0,87$ ;  $P < 0,01$ ), озимой пшеницы ( $r = 0,57$ ;  $P > 0,05$ ). Высокая корреляционная связь выявлена между

урожайностью и осадками июня: яровой пшеницы ( $r = 0,75$ ;  $P > 0,05$ ), овса ( $r = 0,73$ ;  $P > 0,05$ ), ячменя ( $r = 0,83$ ;  $P < 0,05$ ). Зависимость урожайности от суммы температур выше  $+10^{\circ}\text{C}$  носит обратный характер: яровой пшеницы ( $r = -0,86$ ;  $P < 0,05$ ), овса ( $r = -0,93$ ;  $P < 0,01$ ), ячменя ( $r = -0,82$ ;  $P < 0,05$ ). Общая тенденция изменения коэффициента вариации урожайности на территории Омской области характеризуется ростом его величины с северо-запада на юго-восток, где он достигает максимума: 0,37-0,51. В этом же направлении увеличивается изменчивость осадков вегетационного периода. Так, на западе-северо-западе Омской области  $C_v$  сумм осадков за период вегетации составляет 0,2-0,26, а на юго-востоке достигает величин 0,28-0,39. Т.е. можно отметить согласованность хода вариации урожая с ходом вариации осадков. Однако полной аналогии нет, поскольку изменчивость урожаев определяется комплексом условий весенне-летнего периода вегетации культур, а не одним метеорологическим фактором.

Анализ динамики урожайности зерновых культур по областям Западной Сибири представленной в работе обращает внимание на сходство хода урожайности, что указывает на объективно существующие и повторяющиеся закономерности, определяющие особенности формирования урожая. Следует отметить увеличение урожайности характерное для всех областей Западной Сибири в периоды 1956/57, 1967/68, 1972/73, 1978/79, 1984/85, 1990/91, 1991/92, 1995/96, 2000/01г.г.

При изучении цикличности урожайности на территории Западной Сибири отмечено проявление 2-летней, 6-летней и 11-летней цикличности, что связано с геоактивностью Солнца и особенностями атмосферной циркуляции.

Высокая степень корреляции между климатическими показателями и урожайностью культур позволяет использовать климатические показатели при оценке потенциальных агроэкологических ресурсов территории.

Расчет потенциальных урожаев зерновых культур проведен при условии использования 2,5 % поступающей энергии. Согласно проведенным расчетам, на территории Западной Сибири за период вегетации зерновых культур поступает до 11,8-12,5 млрд кДж/га энергии ФАР. При условии оптимального увлажнения и теплообеспеченности ресурсы ФАР обеспечивают получение значительных потенциальных урожаев: яровой пшеницы до 80-120 ц/га, овса до 90-100 ц/га, ячменя до 92-107 ц/га, озимой пшеницы до 82-97 ц/га.

Согласно проведенным расчетам по 1-му уровню влагообеспеченности, следует отметить, что распределение урожайности согласуются с полем распределения осадков. Высокие урожаи зерновых культур приурочены к областям максимального увлажнения - север Тюменской, Кемеровской и Томской областей: яровой пшеницы до 46 ц/га, ячменя до 46-50 ц/га, овса до 44 ц/га, озимой пшеницы до 40 ц/га, озимой ржи до 38 ц/га. Относительно высокие урожаи возможны в Омской и Новосибирской областях: яровой пшеницы до 38-34 ц/га, ячменя до 34-38 ц/га, озимой пшеницы до 28-36 ц/га, озимой ржи до 24-32 ц/га. Минимальные расчетные урожаи наблюдаются в

Алтайском крае (Кулундинская низменность): яровой пшеницы, ячменя, овса, озимой ржи, озимой пшеницы соответственно до 30 ц/га, до 26 ц/га, до 22-24 ц/га, до 22 ц/г, до 24 ц/га.

Относительно результатов расчетов по 2-му уровню, можно сказать следующее. Сохраняется закономерность уменьшения урожайности в юго-восточном направлении, что определяется ресурсами вегетационного периода. Наибольшие урожаи ячменя возможны в областях, отличающихся значительными суммарными ресурсами вегетационного периода (Томская, Кемеровская области) до 28-29 ц/га. В целом поле распределения урожая ячменя близко к широтному, уменьшаясь от 26-27 ц/га на территории Тюменской и Омской областей (широтное течение р.Иртыш) до 22 ц/га на юге. Наименьшие урожаи ячменя до 18 ц/га и менее приурочены к Алтайскому краю (Кулундинская низменность). Поле распределения урожайности овса также определяется ресурсами увлажнения вегетационного периода. Наибольшие урожай до 25-27 ц/га приурочены к районам с суммарными ресурсами вегетационного периода около 270-280 мм. К югу территории урожайность овса уменьшается, минимальные расчетные урожаи (15-17 ц/га) приурочены к районам с суммарными ресурсами вегетационного периода около 170-190 мм. В целом урожайность овса несколько меньше расчетных урожаев других зерновых культур, что определяется большим транспирационным коэффициентом овса. Расчетные урожаи яровой пшеницы повторяют поле распределения суммарных ресурсов вегетационного периода. Наибольшие урожаи - до 32-30 ц/га приурочены к областям с ресурсами влаги до 270-280 мм. Суммарные ресурсы вегетационного периода около 230-260 мм обеспечивают получение зерна яровой пшеницы до 26 ц/га. Минимальные расчетные урожаи яровой пшеницы (18-20 ц/га) приурочены к районам с ресурсами влаги 170-190 мм. Распределение урожайности озимой пшеницы повторяет выше названную закономерность и изменяется от 30 ц/га в районах с достаточными ресурсами вегетационного периода до 22 ц/га в районах с недостаточными ресурсами. Урожайность озимой ржи изменяется от 28 ц/га в районах с ресурсами влаги 270-300 мм до 20 ц/га и менее в районах с ресурсами влаги 180-190 мм.

Расчет урожайности по биогидротермическому потенциалу продуктивности А.М. Рябчикова, учитывающего радиационные ресурсы, продолжительность периода вегетации культур, условия увлажнения, более правомерен. Согласно этому, высокие урожаи зерновых культур возможны в Томской области: яровой пшеницы до 28-30 ц/га, овса до 28-30 ц/га, ячменя до 30-32 ц/га; в Кемеровской области: овса до 24-26 ц/га, яровой пшеницы до 28-30 ц/га, ячменя до 26 ц/га. Несколько ниже урожайность культур в Новосибирской области: яровой пшеницы до 22-26 ц/га, ячменя до 20-22 ц/га, овса до 18-22 ц/га и Омской области: яровой пшеницы, ячменя и овса соответственно 20-22 ц/га, 20-22 ц/га, 18-21 ц/га. Минимальная расчетная урожайность зерновых культур определена в Алтайском крае (Кулундинская

низменность): яровой пшеницы до 16 ц/га, овса до 14-16 ц/га, ячменя до 18-20 ц/га.

Произведенные расчеты фактической обеспеченности посевов влагой в % от оптимальной показали, что на большей части территории Западной Сибири ресурсы ФАР недоиспользуются посевами в силу недостаточного увлажнения. Так, в зоне смешанных лесов оптимальное увлажнение посевов обеспечено на 80-100 %, в лесостепной зоне – на 60-70 %, в степи – на 55-50 %. Поэтому получение высоких урожаев зерновых культур в зоне лесостепи и степи возможно в условиях орошаемого земледелия.

Отношение расчетной урожайности зерновых культур к хозяйственной урожайности за 5-летний период дает возможность судить о влиянии на урожай метеорологических условий. В среднем влияние на урожай метеорологических условий характеризуется коэффициентом 1,78. Наибольшее влияние метеорологических условий на урожай отмечается в Алтайском крае (2,1) и Томской области (2,07).

Результаты расчетов урожайности культур по каждому расчетному уровню были картированы и использованы при районировании территории Западной Сибири.

Выделение агроэкологических зон основано на обеспеченности посевов теплоэнергетическими ресурсами: величиной БПК, суммой активных температур, продолжительностью вегетационного периода и безморозного, величиной ФАР, обуславливающей потенциально возможные урожаи зерновых культур.

В основе выделения областей взяты различия в количестве осадков вегетационного периода, величине перехода зимних осадков на весенне-летний период. Различия в ресурсах увлажнения областей определяют величину расчетных климатически обусловленных урожаев.

В пределах областей выделены провинции, отличающиеся продолжительностью залегания и высотой снежного покрова, характеристикой суровости зимнего периода и величиной коэффициента перезимовки для озимых культур.

Результаты районирования территории Западной Сибири по агроэкологическому потенциалу продуктивности зерновых культур представлены на рис.2.

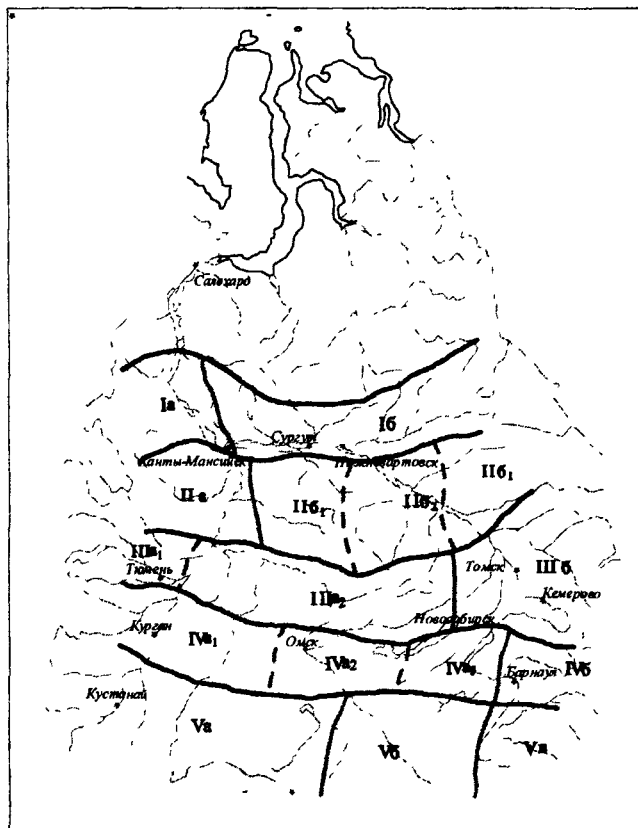


Рис 2 Районирование по агроэкологическим условиям потенциальной продуктивности зерновых культур

- границы зон
- границы областей
- - границы провинций

**I. Холодная зона:** БПК до 20-35 баллов; сумма активных температур 1100-1400<sup>0</sup>С, продолжительность вегетационного периода 90-110 дней, безморозного 95-105 дней, период с температурами выше +20<sup>0</sup>С составляет 15-20 дней. Тепловые ресурсы зоны обеспечивают вызревание раннеспелых и среднеспелых сортов ячменя в 80% лет; южная граница зоны определена по теплообеспеченности вегетации раннеспелых сортов овса, яровой пшеницы мягкой в 80 % лет. Величина ФАР за период вегетации составляет 850-950 МДж/м<sup>2</sup> Ресурсы ФАР при условии оптимального сочетания тепла и влаги

обеспечивают получение значительных потенциальных урожаев зерновых культур: яровой пшеницы до 70 ц/га; ячменя до 64 ц/га; овса до 62 ц/га.

**Іа. Наиболее увлажненная область:** осадки вегетационного периода до 200 мм; количество зимних осадков, переходящих на весенне-летний период до 40-80 мм; ГТК равен 1,5-1,4. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода при оптимальных ресурсах тепла обеспечивают получение урожая: озимой ржи до 30 ц/га, ячменя до 30 ц/га, овса до 27 ц/га, яровой пшеницы до 30 ц/га. Высота снежного покрова за период с самой низкой температурой воздуха составляет 35-40 см. Зима мало суровая (0,8 балла).

**Іб. Избыточно увлажненная область:** осадки вегетационного периода до 220мм; количество зимних осадков, переходящих на весенне-летний период вегетации до 40-80 мм; ГТК равен 1,5-1,6. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода при оптимальных ресурсах тепла обеспечивают получение урожая: ячменя до 30 ц/га, овса до 27 ц/га, яровой пшеницы до 30 ц/га. Условия зимнего сезона – мало суровые (1,0 балл). Средняя многолетняя высота снежного покрова за период с самой низкой температурой воздуха достигает 40-50 см.

**ІІ. Прохладная зона:** пониженная продуктивность- БПК 40-70 баллов. Сумма активных температур 1400-1600<sup>0</sup>С. Продолжительность вегетационного периода в средний год 110-115 дней, безморозного 105-110 дней, период с температурами выше +20<sup>0</sup>С составляет 18-25 дней. В пределах зоны проходит северная граница возделывания посевов среднеспелых и позднеспелых сортов ячменя и раннеспелых сортов яровой пшеницы твердой, обеспеченных теплом вегетации в 80% лет. Ресурсы ФАР за период вегетации (950-1150 МДж/м<sup>2</sup>) обеспечивают получение высоких потенциальных урожаев: яровой пшеницы до 70 ц/га, ячменя до 66 ц/га, овса до 63 ц/га, озимой пшеницы до 64 ц/га, озимой ржи до 53 ц/га.

**ІІа. Достаточно увлажненная область:** осадки вегетационного периода до 220 мм; осадки зимнего сезона, переходящие на весенне-летний период до 100-160 мм; ГТК около 1,3-1,4. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода определяют получение урожаев: овса до 27 ц/га; ячменя до 28 ц/га, яровой пшеницы до 30 ц/га, озимой пшеницы до 26 ц/га, озимой ржи до 26 ц/га. Условия зимнего сезона – мало суровые (0,8-1,0 балл). Коэффициент перезимовки озимых культур: для ржи 0,7-0,8, для пшеницы 0,8. Отдельные годы опасны выпреванием озимых культур.

**ІІб. Увлажненная область** осадки вегетационного периода до 230 мм; осадки зимнего периода, обеспечивающие весенне-летнюю вегетацию до 120-180 мм; ГТК составляет 1,4-1,5. Суммарные ресурсы периода вегетации обуславливают получение урожаев: яровой пшеницы до 30 ц/га, овса до 27 ц/га, ячменя до 28-30 ц/га, озимой пшеницы до 28-30 ц/га, озимой ржи до 28 ц/га.

**ІІв. Провинция мало сурового зимнего сезона** (менее 1,0 балла); условия перезимовки ржи характеризуются коэффициентом 0,6-0,7, пшеницы -0,8.



**IIб<sub>2</sub>.** Провинция мало сурового зимнего сезона (0,8 балла); условия перезимовки ржи характеризуются коэффициентом 0,5, пшеницы -0,8.

**III.** Умеренно теплая зона: БПК составляет 70-90 баллов; сумма активных температур 1600-1900<sup>0</sup>С, продолжительность периода активной вегетации 110-120 дней, безморозного периода 110-115 дней, периода с температурами выше +20<sup>0</sup> С составляет 25-30 дней. В пределах зоны проходит северная граница возделывания позднеспелых сортов яровой пшеницы твердой и мягкой, обеспеченных теплом вегетации в 8 из 10 лет.

Ресурсы ФАР (1150-1250 МДж/м<sup>2</sup>) обеспечивают получение потенциальных урожаев: озимой пшеницы до 69 ц/га, яровой пшеницы до 72 ц/га, ячменя до 68 ц/га, овса до 64 ц/га.

**IIIа.** Умеренно увлажненная область: ресурсы влаги вегетационного периода до 220 мм; переход зимних осадков составляет 160-170 мм; ГТК равен 1,3-1,2. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода определяют получение: овса до 23-25 ц/га, ячменя до 26 ц/га, яровой пшеницы до 28 ц/га, озимой пшеницы до 24-26 ц/га, озимой ржи до 24-26 ц/га.

**IIIа<sub>1</sub>.** Провинция мало сурового зимнего сезона (0,8-1,0 балла); коэффициент перезимовки озимых культур: 0,8-0,9 для ржи и 0,8 для пшеницы.

**IIIа<sub>2</sub>.** Провинция сурового зимнего сезона (1,2-1,6 балла); коэффициент перезимовки озимых культур: 0,8-1,0 для ржи и 0,8-1,2 для пшеницы.

**IIIб.** Достаточно увлажненная область: осадки вегетационного периода составляют 200-220 мм; переход осадков зимнего сезона до 240 мм; ГТК равен 1,3-1,2. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода определяют получение урожаев: овса до 25-27 ц/га, ячменя до 26 ц/га, яровой пшеницы до 28-30 ц/га, озимой пшеницы до 26-28 ц/га, озимой ржи до 24-26 ц/га. Условия зимнего сезона суровые (1,0-1,2 балла). Условия перезимовки характеризуются коэффициентом 0,6-1,0 для ржи и 0,8-1,0 для пшеницы.

**IV.** Теплая зона: характерен средний уровень продуктивности климата - БПК до 80-95 баллов; сумма активных температур составляет 1900-2100<sup>0</sup>С, продолжительность вегетационного периода озимых культур 110-120 дней, безморозного 115-120 дней. Ресурсы ФАР (1250-1350 МДж/м<sup>2</sup>) при условии оптимального сочетания тепла и влаги определяют получение высоких потенциальных урожаев: озимой пшеницы до 72 ц/га, яровой пшеницы до 72 ц/га, озимой ржи до 58 ц/га, ячменя до 68 ц/га, овса до 65 ц/га.

**IVа.** Недостаточно увлажненная область осадки вегетационного периода составляют 200-210 мм; переход зимних осадков на весенне-летний период - 140-160 мм; ГТК составляет 1,1-1,2. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода обуславливают получение урожаев: овса до 21-23 ц/га, ячменя до 22-24 ц/га, яровой пшеницы до 24-26 ц/га, озимой пшеницы до 22-24 ц/га, озимой ржи до 20-22 ц/га.

**IVa<sub>1</sub>.** Провинция сурового зимнего сезона (1,4-1,8 балла); коэффициент перезимовки озимых культур составляет: для ржи 1,1-1,3, для пшеницы 1,2-1,4.

**IVa<sub>2</sub>.** Провинция весьма сурового зимнего сезона (2,0 -2,2 балла); коэффициент перезимовки озимых культур оставляет: для ржи 1,4-1,5, для пшеницы 1,6-1,8.

**IVa<sub>3</sub>.** Провинция сурового зимнего сезона (1,6-2,0 балла); коэффициент перезимовки озимых культур составляет: 1,3-1,4 для ржи и 1,4-1,6 для пшеницы.

**IVб.** Слабо увлажненная область ресурсы влаги вегетационного периода до 190-200 мм; переход зимних осадков, переходящих на весенне-летний период-до 240 мм; ГТК равен 1,1-1,0. Суммарные ресурсы влаги вегетационного периода определяют урожай: овса до 23-24 ц/га, ячменя до 26 ц/га, яровой пшеницы до 26 ц/га, озимой пшеницы до 26 ц/га, озимой ржи до 24 ц/га. Характерен суровый зимний период (1,2-1,6 балла); условия перезимовки характеризуются коэффициентами 1,2-1,3 для ржи и 1,4 для пшеницы.

**V.** Теплая зона: БПК характеризуется величиной 95-100 баллов. Сумма активных температур - 2200° С и более; продолжительности вегетационного периода -- до 120 дней; безморозного до 120-130 дней; количество дней с температурой выше +20°С составляет в средний год 45-50 дней. Ресурсы ФАР (до 1350 МДж/м<sup>2</sup> и более) при условии оптимального сочетания тепла и влаги определяют высокие потенциальные урожай: озимой пшеницы до 74 ц/га, озимой ржи до 58 ц/га, яровой пшеницы до 78 ц/га, ячменя до 68 ц/га, овса до 67 ц/га.

**Va.** Слабо увлажненная область: осадки вегетационного сезона составляют 190-200 мм, переход зимних осадков до 140 мм; ГТК равен 1,0. Суммарные ресурсы влаги обуславливают получение урожаев: овса до 21 ц/га, ячменя до 22 ц/га, яровой пшеницы до 22 ц/га, озимой пшеницы до 22 ц/га, озимой ржи до 20 ц/га. Характерен суровый зимний период (1,6-2,0 балла). Условия перезимовки характеризуются коэффициентом 1,3-1,6 для ржи и 1,4-1,6 для пшеницы. При средней многолетней высоте снежного покрова около 15 см за период с самой низкой температурой воздуха существует опасность вымерзания культур.

**Vб.** Засушливая область осадки вегетационного периода до 180 мм и менее, переход зимних осадков до 140 мм; ГТК 0,9-0,8. Суммарные ресурсы влаги дают возможность получения урожаев: овса до 17-19 ц/га, ячменя до 18-20 ц/га, яровой пшеницы до 18-20 ц/га, озимой пшеницы до 22 ц/га, озимой ржи до 20 ц/га. Характерен весьма суровый зимний сезон (2,0-2,2 балла). Коэффициент перезимовки озимых культур составляет для ржи 1,6-1,7, для пшеницы 1,8-2,0. При низких зимних температурах и средней многолетней

высоте снежного покрова менее 15 см создаются условия для вымерзания озимых культур (4-6 из 10 лет).

**В. Недостаточно увлажненная область:** осадки вегетационного периода -190-200 мм, переход зимних осадков-200-240 мм; ГТК ~1,0. Ресурсы влаги вегетационного периода определяют получение урожаев: овса до 21-23 ц/га, ячменя до 24-26 ц/га, яровой пшеницы до 24-26 ц/га, озимой пшеницы до 24 ц/га, озимой ржи до 22 ц/га. Характерен суровый зимний сезон (1,4 - 1,8 балла). Условия перезимовки характеризуются коэффициентом 1,3-1,6 для ржи и 1,6-1,8 для пшеницы.

### **Выводы**

1. Поле распределения годовых значений фотосинтетически активной радиации на территории Западной Сибири подчинено широтной зональности, увеличиваясь с севера на юг от 1700 МДж/м<sup>2</sup> до 2200 МДж/см<sup>2</sup>. Внутригодовой ход ФАР на исследуемой территории характеризуется увеличением значений в вегетационный период. За период вегетации, ограниченный температурными показателями +5<sup>0</sup>С весной до +10<sup>0</sup>С осенью, средние многолетние суммы фотосинтетически активной радиации составляют 750-1350 МДж/см<sup>2</sup>; за период активной вегетации с температурой выше +10<sup>0</sup>С величина ФАР изменяется от 600 МДж/см<sup>2</sup> до 1200 МДж/см<sup>2</sup>.

2. Фактические тепловые ресурсы территории и потребности зерновых культур в тепле рассчитаны по коэффициенту соответствия. Тепловые пределы произрастания сельскохозяйственных растений и современные границы земледелия в открытом грунте не везде совпадают. Фактическая граница возделывания зерновых культур расположена в основном южнее на 2-3<sup>0</sup> по сравнению с возможными рубежами их возделывания.

3. В работе установлены следующие зависимости урожайности от метеорологических условий территории:

- в степной и лесостепной зонах  $C_v$  урожайности зерновых изменяется в среднем от 0,30 до 0,41, что сходно с  $C_v$  осадков за вегетационный период 0,28-0,39;

- увеличение количества осадков за период январь – май обуславливает относительно высокие урожаи зерновых культур; коэффициент корреляции для яровой пшеницы, овса, ячменя, озимой ржи составляет соответственно 0,82; 0,94; 0,89; 0,57.

- с увеличением суммы отрицательных температур зимнего периода наблюдается снижение урожаев озимых культур. Коэффициент корреляции в данном случае составляет -0,85;

- высокие температуры вегетационного периода ведут к снижению урожайности; эта зависимость составляет -0,82-0,93.

4. Ресурсы ФАР на территории Западной Сибири не являются лимитирующим фактором и при оптимальном сочетании тепла и влаги

позволяют получить значительные урожаи зерновых культур: яровой пшеницы до 70 ц/га, ячменя до 67 ц/га, озимой пшеницы до 72 ц/га, озимой ржи до 57 ц/га. Эффективность использования посевами поступающей солнечной радиации на территории Западной Сибири является незначительной: КПД посевов яровой пшеницы составляет 0,37-0,52%, КПД ячменя - до 0,60%, КПД озимой пшеницы - до 0,80%, КПД овса - до 0,58-0,60%. Расчет потенциальной и климатически обусловленной урожайности, произведенной автором по трем расчетным уровням, показал значительные резервы повышения продуктивности зерновых культур на территории Западной Сибири.

5. Агроэкологическое районирование территории Западной Сибири по принципу обеспеченности потенциальных урожаев зерновых культур ресурсами климата позволило выделить: зоны по ресурсам ФАР, теплообеспеченности посевов (потенциальная урожайность); области по влагообеспеченности посевов (климатически обусловленная урожайность); провинции по особенностям зимнего сезона и условиям перезимовки озимых культур.

### **Предложения**

1. При районировании зерновых культур на севере Западной Сибири необходимо учитывать тепловые ресурсы, обеспечивающие вызревание урожая в 8 из 10 лет.
2. Для получения относительно высоких урожаев в лесостепной и степной зонах рекомендуется учитывать фактическую обеспеченность посевов ресурсами влаги (в % от оптимальной).
3. Для получения расчетных климатически обусловленных урожаев с учетом биологических особенностей культуры необходимо рассчитывать нормы удобрений и особенности приемов агротехники.

### **Список опубликованных работ**

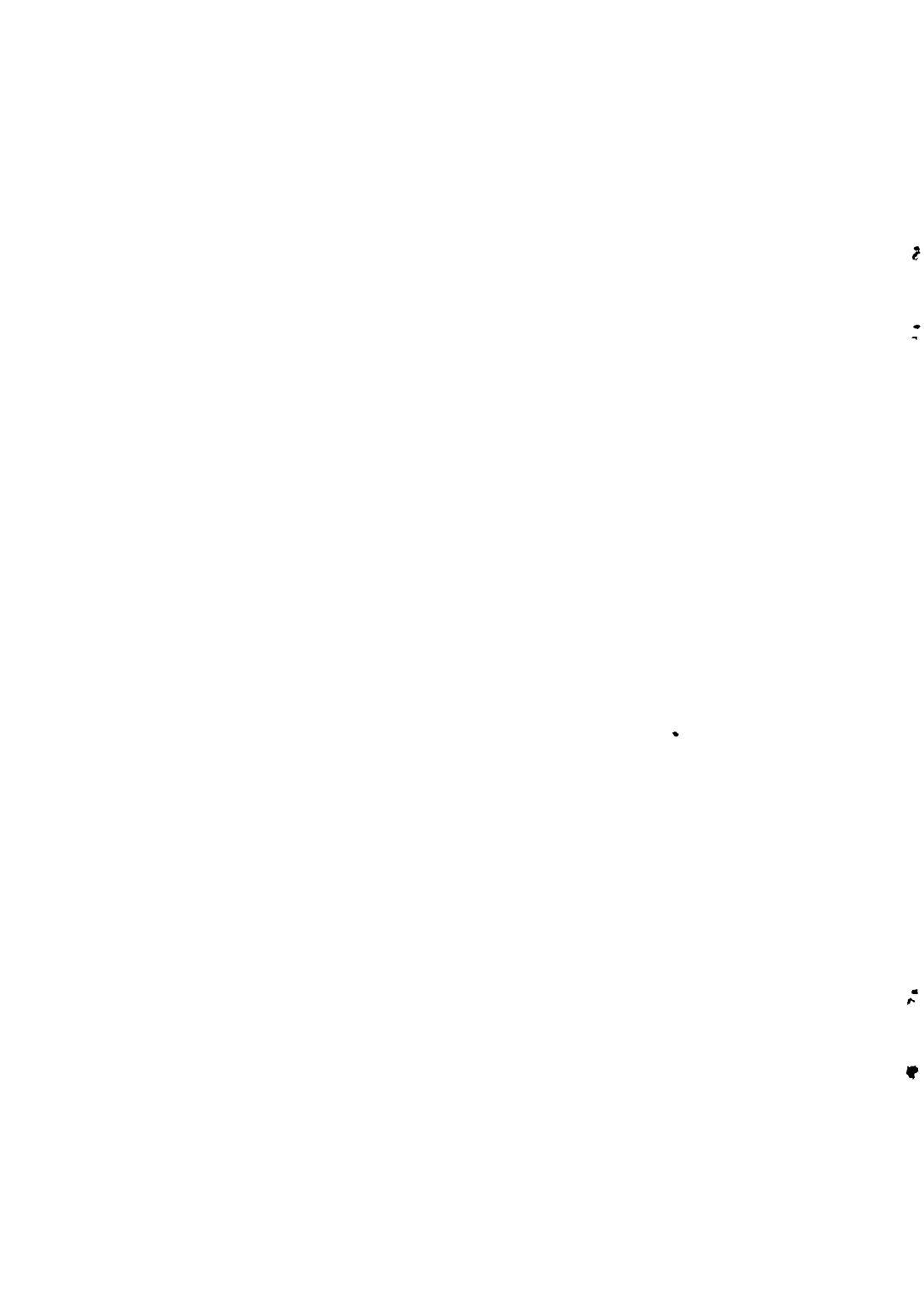
1. Аблова И.М. Солнечная радиация как компонент природно-рекреационных условий / Рекреационно-экологический потенциал Зауралья и сопредельных территорий. Тезисы докладов науч.-практ. конференции. - Курган, 2000.-С.8-10.
2. Аблова И.М. Ресурсы фотосинтетически активной радиации на территории Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Серия "Науки о Земле". Приложение №3 (IV), апрель 2003.-С.158-159.
3. Аблова И.М. и др. Ресурсы и закономерности географического распределения естественного увлажнения водосборов Западно-Сибирской равнины / И.М. Аблова, В.И. Балошенко, Н.О. Игенбаева,

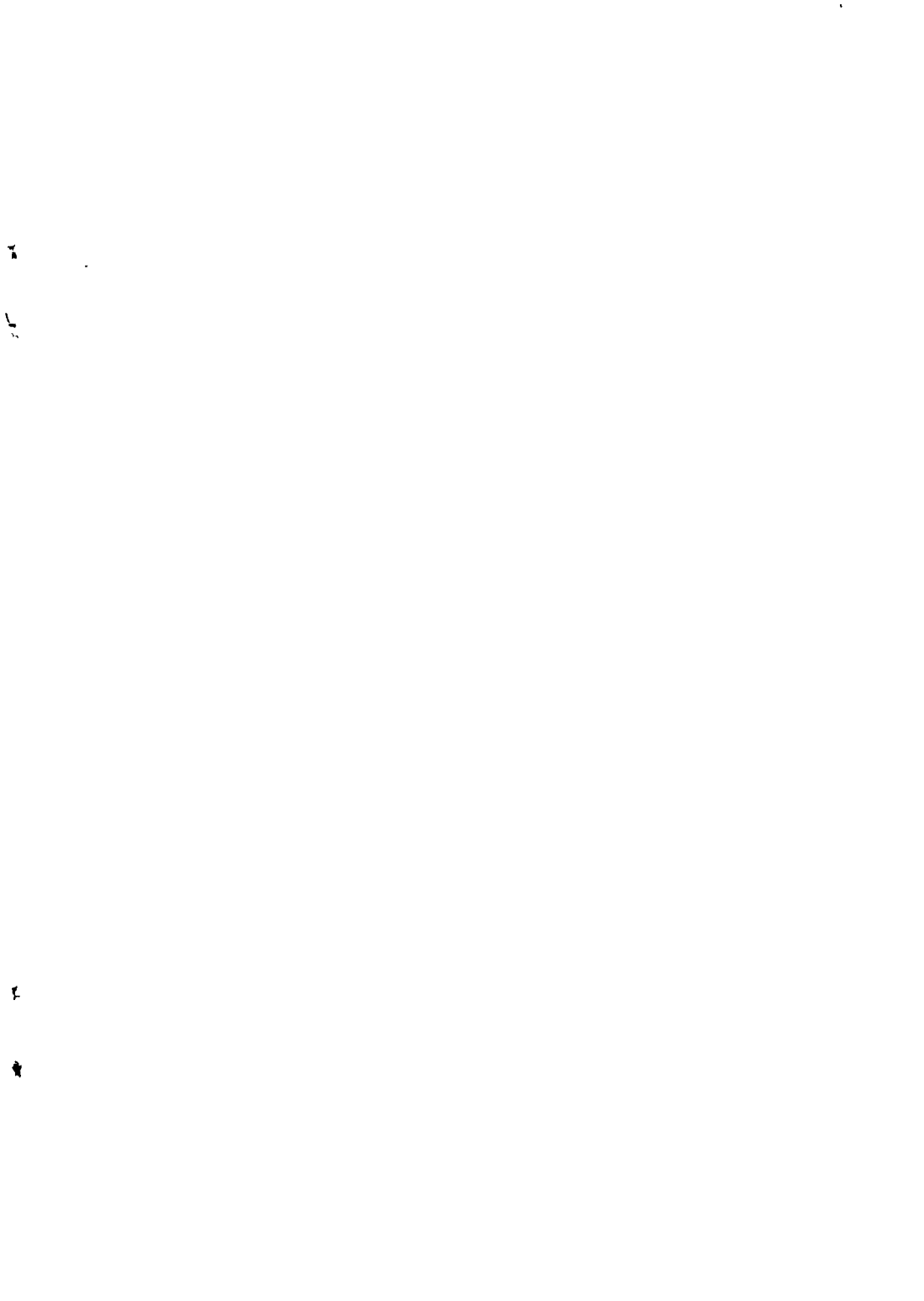
- И.В.Карнацевич, О.В.Мезенцева //Омский научный вестник, №1 (26), март 2004.-С.183-188.
4. Аблова И.М., Карнацевич И.В. Режим влажности почвогрунтов на суходолах Западно-Сибирской равнины в средний год //Омский научный вестник, №1 (26), март 2004.-С.190-192.
  5. Аблова И.М. др. Закономерности перераспределения влаги в годовом цикле влагооборота на примере водосборов лесостепной и степной зон Западной Сибири/ И.М. Аблова, И.В. Карнацевич, Н.О. Игенбаева //Омский научный вестник, №4 (29), декабрь 2004.-С.177-178.
  6. Аблова И.М., Калининко Н.А. Биологический потенциал климата Западной Сибири //Естественные науки и экология. Ежегодник. Вып.8.:Межвузовский сборник научных трудов. - Омск: Изд-во ОмГПУ, 2004.-С.47-50.
  7. Аблова И.М., Калининко Н.А.Изменчивость урожая зерновых культур на территории Омской области //Естественные науки и экология. Ежегодник. Вып.9.:Межвузовский сборник научных трудов. - Омск: Изд-во ОмГПУ, 2005.-С.44-48.

Отпечатано с оригинал-макета,  
предоставленного автором

Подписано в печать 12.10.2005.  
Формат 60 x 84 1/16. Бумага писчая.  
Оперативный способ печати.  
Усл. печ. л. 1,31      Уч.- изд. л. 1,35  
Тираж 100 экз.

Полиграфический центр КАН  
644050, г. Омск, пр. Мира, 11А, тел. 65-23-73  
Лицензия ПДЛ № 58-47 от 21.04.97 г.





**№ 19385**

РНБ Русский фонд

2006-4

17470