

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ТОО «ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ»

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ
научно-прикладной справочник

АСТАНА
2017

УДК: 551.5
ГРНТИ: 68.29.05
ББК 26.23
А 25

Редактор
кандидат географических наук, доцент Байшоланов С.С.

Рецензенты:
к.т.н., доц. Кожаметов П.Ж. – Директор НИЦ РГП «Казгидромет» МЭ РК;
д.г.н., проф. Акиянова Ф.Ж. – Директор Филиала ТОО «Институт географии» МОН РК

Исполнители
к.г.н., доц. Байшоланов С.С. (разделы 1, 3, 4, 5, 6)
д.г.н., проф. Клещенко А.Д. (подразделы 1.10, 3.5)
к.г.н. Мусатаева Г.Б. (раздел 7)
Жакиева А.Р. (разделы 2, 4)
Габбасова М.С. (разделы 3, 4)
Муканов Е.Н. (разделы 3, 5)
Акшалов К.А. (раздел 8)
Чернов Д.А. (картографические материалы)

Агроклиматические ресурсы Павлодарской области: научно–прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 127 с.

ISBN 978-601-7150-87-7

Приведены текстовые, табличные и картографические материалы о климатических условиях, агроклиматических ресурсах, биоклиматическом потенциале территории, агроклиматических зонах, неблагоприятных для сельского хозяйства погодных явлениях (засуха, суховеи, заморозки, метель, пыльная буря, гроза и град), климатических сроках проведения агротехнических мероприятий, агроклиматическом районировании основных сельскохозяйственных культур, состоянии почвенного покрова и об основных возделываемых сельскохозяйственных культурах.

Подготовлен в рамках грантового проекта ГУ «Комитет науки» МОН РК по теме №5041/ГФ4 «Агроклиматические ресурсы Республики Казахстан в условиях изменения климата».

УДК: 551.5
ББК 26.23

Утвержден Ученым Советом ТОО «Институт географии» МОН РК

ISBN 978-601-7150-87-7

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1 МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.....	6
1.1 Методы оценки ресурсов солнечной радиации.....	6
1.2 Методы оценки ресурсов тепла.....	8
1.3 Методы оценки ресурсов влаги.....	9
1.4 Методы оценки неблагоприятных погодных явлений.....	14
1.5 Методика оценки условий перезимовки озимых зерновых культур.....	21
1.6 Методика агроклиматического зонирования.....	24
1.7 Методика агроклиматического районирования сельскохозяйственных культур.....	26
1.8 Методика определения сроков начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур.....	31
1.9 Методика определения сроков созревания ранних яровых зерновых культур.....	32
1.10 Методика оценки биоклиматического потенциала территории.....	33
2 ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ	36
3 АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ.....	42
3.1 Агроклиматические зоны.....	42
3.2 Ресурсы солнечной радиации.....	45
3.3 Ресурсы тепла.....	48
3.3.1 Режим температуры воздуха.....	48
3.3.2 Климатические сезоны года.....	53
3.3.3 Континентальность климата.....	54
3.3.4 Продолжительность вегетационного периода.....	55
3.3.5 Теплообеспеченность вегетационного периода.....	58
3.4 Ресурсы влаги.....	61
3.4.1 Режим атмосферных осадков.....	61
3.4.2 Режим снежного покрова.....	62
3.4.3 Режим увлажнения почвы.....	64
3.4.4 Влагообеспеченность вегетационного периода.....	67
3.4.5 Засушливость вегетационного периода.....	70
3.5 Биоклиматический потенциал.....	73
3.6 Режим влажности воздуха.....	75
3.7 Режим ветра.....	76
3.8 Температурный режим почвы.....	80
4 НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	83
4.1 Засуха.....	83
4.2 Суховей.....	87
4.3 Заморозки.....	90
4.4 Гроза.....	91
4.5 Градобитие.....	92
4.6 Пыльные бури.....	93
4.7 Метели.....	93
5 КЛИМАТИЧЕСКИЕ СРОКИ ФАЗ РАЗВИТИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	94
5.1 Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур.....	94
5.2 Климатические сроки созревания и начала уборки урожая ранних яровых зерновых культур.....	95
6 АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	100

7 ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ.....	109
7.1 Типы почв.....	109
7.2 Механический состав почв.....	117
8 ОСНОВНЫЕ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	120
8.1 Яровые зерновые культуры.....	120
8.2 Крупаыные культуры.....	121
8.3 Зернобобовые культуры.....	122
8.4 Масличные культуры.....	122
8.5 Кормовые культуры.....	123
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	124

ПРЕДИСЛОВИЕ

Климатические ресурсы являются одним из основных природных факторов, определяющих условия развития сельского хозяйства. Развитие сельского хозяйства требует рационального размещения его отраслей по территории, на основе тщательного учета агроклиматических ресурсов. Учет агроклиматических условий позволяет определить соответствие климата конкретной территории требованиям сельскохозяйственных культур.

Рассматривая климат и погоду как условия внешней среды, необходимо оценивать сочетание агрометеорологических условий с ростом, развитием и формированием урожая сельскохозяйственных культур. При этом недостаточно знание только климатических условий, также необходимо учитывать потребности культуры к факторам среды.

В Казахстане первый научный труд по агроклиматическим ресурсам и районированию сельскохозяйственных культур «Агроклиматическое районирование Казахстана» был опубликован П.И. Колосковым в 1947 году [1]. В 1955 году под редакцией Ф.Ф. Давитая была опубликована монография «Агроклиматические и водные ресурсы районов освоения целинных и залежных земель» [2]. Также надо отметить, что в 1959 году А.С. Утешовым была выпущена монография «Климат Казахстана» [3].

В 50–60-х годах XX века были выпущены агроклиматические справочники по всем областям Казахстана, том числе и по Павлодарской области [4, 5]. Позже агроклиматические справочники по некоторым областям были переизданы как агроклиматические ресурсы.

В связи с изменением климата и качественного состояния земель необходима переоценка агроклиматических ресурсов, на основе современных физико–математических моделей и геоинформационных технологий. Необходимость обновления агроклиматических справочников Казахстана было обосновано еще в 2001 году [6].

Настоящий научно–прикладной агроклиматический справочник был подготовлен в Филиале ТОО «Институт географии» МОН РК, в рамках грантового проекта ГУ «Комитет науки» МОН РК по теме №5041/ГФ4 «Агроклиматические ресурсы Республики Казахстан в условиях изменения климата», реализованный в 2015–2017 годы. Основной целью проекта являлась оценка современных агроклиматических ресурсов, агроклиматическое зонирование, агроклиматическое районирование основных сельскохозяйственных культур по территории северных и западных областей Казахстана.

В научно–прикладном агроклиматическом справочнике содержатся сведения об условиях климата, о состоянии почвенного покрова, агроклиматических ресурсах, биоклиматическом потенциале, неблагоприятных для сельского хозяйства погодных явлениях (засуха, суховеи, заморозки, метель, пыльная буря, гроза и град), о климатических сроках начала весенне–полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур, о климатических сроках созревания и начала уборки урожая ранних яровых зерновых культур, а также о районировании основных сельскохозяйственных культур по тепло– и влагообеспеченности. Приведены агроклиматические карты в масштабе 1:2500000.

В основу Справочника положены материалы многолетних (1981–2016 гг.) наблюдений метеорологических станций и агрометеорологических постов РГП «Казгидромет» МЭ РК.

Также были использованы данные, приведенные в справочниках по климату Казахстана, подготовленные в РГП «Казгидромет» в период с 2003 по 2010 годы, в том числе в разделах «Температура воздуха», «Атмосферные осадки», «Атмосферные явления», «Снежный покров», «Солнечное сияние» и «Температурный режим почвы».

Настоящий научно–прикладной агроклиматический справочник предназначен для работников сельского хозяйства и преследует цель обеспечить их справочным материалом об агроклиматических ресурсах для использования в сельскохозяйственном производстве.

Справочник будет полезен при решении практических и научных задач: определение системы ведения земледелия, планирование агротехнических мероприятий, рациональное размещение сельскохозяйственных культур, принятие управленческих решений и научных рекомендации на вегетационный период и т.д.

1. МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОЦЕНКИ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Важной характеристикой природной среды является погода и климат. Погода – совокупность значений метеорологических элементов и атмосферных явлений, наблюдаемых в определённый момент времени в той или иной точке приземной атмосферы. Климат – средний режим погоды за длительный промежуток времени (порядка нескольких десятилетий) отдельных районов, сформированный в зависимости от их географического положения и физико–географических особенностей.

Республика Казахстан расположен в южной части умеренного климатического пояса. Климат равнинной территории республики формируется под воздействием Атлантического океана и Евразийского материка. Удаленность Казахстана от внешних морей и океанов обуславливает резко континентальный климат, которому свойственны резкие температурные контрасты, короткий весенний переход от зимы к лету, недостаток осадков. Континентальности климата возрастает с запада на восток и с севера на юг. Климат Казахстана формируется под воздействием общей циркуляции атмосферы, распределения солнечной радиации и особенностей рельефа территории. Совместное влияние этих трех важнейших факторов, которые являются климатообразующими, обуславливает характерный для конкретного региона климат, или многолетний режим погоды [3].

Климатические условия являются определяющим фактором развития сельского хозяйства и его отраслей. Изучение погоды и климата в их взаимодействии с объектами и процессами сельского хозяйства входит в предмет исследования науки «сельскохозяйственная метеорология».

Сельскохозяйственная метеорология как прикладная наука входит в состав метеорологической науки. В сельскохозяйственную метеорологию, как ее крупные разделы научных знаний, входят следующие основные самостоятельные направления: агрометеорология, агроклиматология, агрогидрология, зоометеорология, агрометеорологические измерения, агрометеорологические прогнозы, зоометеорологические прогнозы.

Оценка агроклиматических ресурсов, изучение их сезонного и пространственного распределения, агроклиматическое зонирование территории, а также агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур относится к задачам агроклиматологии.

Агроклиматическими данными являются значения различных метеорологических и агрономических показателей, осредненные за многолетний период. По рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) климатические нормы рассчитываются за 30–летний период, а обновлять климатические нормы рекомендуется через каждые 10 лет.

Совокупность климатических факторов, создающих возможность получения сельскохозяйственной продукции, называется агроклиматическими ресурсами. Количественные характеристики элементов климата и погоды, их сочетания и соотношения, влияющие на урожай и качество сельскохозяйственной продукции, называют агроклиматическими показателями [7].

Агроклиматические ресурсы территории характеризуются показателями ресурсов солнечной радиации, показателями термического режима, режима увлажнения вегетационного периода и т.д.

Агроклиматическое районирование предусматривает деление территории по определенной системе на различные регионы, достаточно однородные внутри своих границ и достаточно различные между собой в отношении положенных в основу районирования показателей, имеющих существенное значение для географического распределения и специализации сельского хозяйства [8, 9].

1.1 Методы оценки ресурсов солнечной радиации

Солнечная радиация обеспечивает растения энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества, влияет на процессы роста и

развития, на расположение и строение листьев, на химический состав продукции. На растение влияет продолжительность, интенсивность и спектральный состав солнечной радиации.

Часть лучистой энергии солнца, которую растения усваивают в процессе фотосинтеза, называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР). ФАР находится в области спектра от 0,38 по 0,71 мкм. ФАР существенно влияет на рост и развитие растений, а также оказывает тепловой эффект. Оценка световых ресурсов вегетационного периода обычно проводится по распределению суммы ФАР по территории области.

Агроклиматическими показателями радиационного режима являются:

- фотосинтетически активная радиация – Q_{Φ} , Дж/м²;
- продолжительность солнечного сияния – SS, час.

Для расчета суммы ФАР используется уравнение, предложенное Б.И. Гуляевым, Х.Г. Тоомингом и Н.А. Ефимовой [10, 11, 12]:

$$\sum Q_{\Phi} = 0,43 \sum S' + 0,57 \sum D, \quad (1.1)$$

где $\sum Q_{\Phi}$ – суммарная фотосинтетически активная радиация (Дж/м²);

$\sum S'$ – сумма прямой радиации на горизонтальную поверхность за какой-либо промежуток времени (Дж/м²);

$\sum D$ – сумма рассеянной радиации за тот же промежуток времени (Дж/м²).

По данным [2] величина ФАР за вегетационный период с температурой выше 10°C составляет по территории Казахстана от 24,5 МВт/м² (МДж/м²) (35 ккал/см²) на севере до 31,5 МВт/м² (45 ккал/см²) на юге.

При оценке влияния солнечной энергии на растения также учитывается «продолжительность солнечного сияния», представляющее собой суммарное число часов, когда светило Солнце, т.е. время, в течение которого поступает прямая солнечная радиация. Продолжительность солнечного сияния зависит от «длины светового дня» и от режима облачности. Длина светового дня, т.е. продолжительность дневной части суток зависит от географической широты и времени года. Например, продолжительность дневной части суток летом на северной границе полярного земледелия (65°) равна 22 ч, а в экваториальных широтах составляет 12 ч.

Реакция растений на продолжительность дня называется фотопериодизмом. В зависимости от фотопериодической реакции растений выделяют [7, 9, 11, 12]:

- растения короткого светового дня, у которых переход к цветению происходит при продолжительности светового периода менее 12 часов за сутки (просо, соя, фасоль, кукуруза, рис, хлопчатник, капуста и др.);
- растения длинного светового дня, для цветения и дальнейшего развития которых необходима продолжительность непрерывного светового периода более 12 часов за сутки (пшеница, рожь, ячмень, овес, лен, морковь, лук и др.);
- фотопериодический нейтральные растения, у которых развитие генеративных органов наступает при различной продолжительности светового периода (гречиха, виноград, многие бобовые и др.).

В целом можно считать, что растения «длинного дня» приспособлены к условиям северных широт, а «короткого дня» – южных широт умеренного пояса. Для растений длинного дня нормальная продолжительность освещения в сутки составляет 15–18 часов, а для растений короткого дня – 12–14 часов [7].

Таким образом, агроклиматическими показателями радиационного режима являются:

- фотосинтетически активная радиация;
- длина светового дня;
- продолжительность солнечного сияния.

В сельском хозяйстве также важным является использование энергии солнечной радиации для получения электрической и тепловой энергии. Для получения электрической энергии солнечная радиация считается «технически приемлемой» с того момента, когда ее интенсивность достигает $0,60 \text{ кВт/м}^2$ [10].

1.2 Методы оценки ресурсов тепла

Под термическими ресурсами понимают то количество тепла, которым располагает территория, где произрастают сельскохозяйственные культуры.

В качестве показателя термических ресурсов в агроклиматологии используются:

- средние и экстремальные значения месячных температур воздуха;
- средняя месячная, средняя максимальная и средняя минимальная температура воздуха января и июля;
- месячный и годовой размах температуры воздуха;
- даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5° , 10° , 15°C ;
- продолжительность вегетационного периода с температурой выше 5° , 10° , 15°C ;
- суммы активных или эффективных температур воздуха за период с температурой выше 5° , 10° , 15°C .

Суммой активных температур воздуха называется сумма среднесуточных температур воздуха за период с температурой выше указанного предела (5°C , 10°C , 15°C). Суммой эффективных температур воздуха называется сумма уменьшенных на указанный предел (5°C , 10°C , 15°C) среднесуточных температур воздуха за период с температурой выше такого же предела.

Рост и развитие растений начинается с даты устойчивого перехода суточной температуры воздуха выше уровня его биологической минимальной температуры. Для большинства растений и сельскохозяйственных культур этот предел равен 5°C (ранние яровые), для поздних яровых культур – 10°C , а для теплолюбивых культур – 15°C . Например, для твердых сортов пшеницы биологическая минимальная температура воздуха, необходимая для формирования вегетативных органов равна 5°C , а для формирования генеративных органов – 12°C . Биологический минимум просо равен 12°C , хлопчатника и риса в начальные фазы развития равен 15°C , а в период созревания – 20°C [7, 9].

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 10°C соответствует вегетационному периоду большинства сельскохозяйственных культур в умеренном поясе. Здесь ограничивающим фактором является заморозки. Поэтому термические ресурсы вегетационного периода чаще всего оцениваются суммой активных температур воздуха выше 10°C .

Для оценки соответствия ресурсов климата требованиям культур определяются значения климатических показателей при различной обеспеченности. Например, 80–90% обеспеченность растений ресурсами климата является достаточной [7].

Также растения реагируют на изменение температуры воздуха дня и ночи, что называется «термопериодизм растений». Большинство растений лучше развиваются и дают более высокую продукцию при повышенных дневных и пониженных ночных температурах в определенных оптимальных пределах. При повышенных дневных температурах они интенсивно ассимилируют и накапливают органические вещества, а ночью при пониженных температурах расход ассимилянтов на дыхание значительно сокращается. У растений длинного дня процессы развития протекают в основном в дневные часы, а у растений короткого дня – в темноте. Поэтому у растений длинного дня темпы развития ускоряются при повышенных дневных температурах, а у растений короткого дня – при повышенных ночных температурах.

Следствием термопериодизма является изменение химического состава растений. Между химическим составом растений и континентальностью климата существует прямая связь. В условиях континентального климата повышается сахаристость фруктов и корнеплодов, содержание белка в зернах. Например, при суточном размахе температуры

воздуха 12–14°C содержание белка в зернах яровой пшеницы может достигать 18–20% и более. В условиях более мягкого морского климата у зерновых культур повышается содержание крахмала и уменьшается содержание белковых веществ.

Высокое содержания белка в различных регионах СНГ в пределах 17–19% объясняется, прежде всего, особенностями климата со значительной степенью континентальности. К примеру, содержание белка и азота в зерне составляет в Англии 12,1% и 2,0%, в Германии – 13,9% и 2,3%, в европейской части СНГ – 17,9% и 2,9%, в Западной Сибири – 18,9% и 3,0%, в Восточном Казахстане – 19,2% и 3,6% [11].

З.А. Мищенко была установлена количественная зависимость содержания белка (B_n) в зернах яровой пшеницы от размаха суточных колебаний температуры воздуха (A_T) в среднем за май–август, в ареале распространения данной культуры на территории стран СНГ, в том числе Казахстана. Зависимость на богарных землях имеет вид [11]:

$$B_n = 1,29 \bar{A}_T + 2,1 \quad (1.2)$$

В.П. Тотылева также получила уравнение связи содержания белка в зерне яровой пшеницы с суммой суточных амплитуд температуры воздуха (ΣA_T) и гидротермическим коэффициентом (ГТК) в период активной вегетации, применительно к европейской части СНГ:

$$B_n = 0,006 \Sigma \bar{A}_T - 3,3 \text{ ГТК} + 14,0 \quad (1.3)$$

1.3 Методы оценки ресурсов влаги

В качестве показателя ресурсов увлажнения в агроклиматологии используются: суммы осадков, запасы продуктивной влаги в почве (ЗПВ), испаряемость, а также различные расчетные показатели и коэффициенты увлажнения.

Для оценки обеспеченности растений влагой необходимо иметь сведения об их потребности во влаге и о наличии влаги в почве. Растения в процессе своего развития потребляют большое количество воды. Она расходуется на транспирацию, построение растительных тканей, сохранение тургора. Вместе с этим некоторое количество воды испаряется с поверхности почвы. Сумму расхода воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы принято называть суммарным испарением. Поскольку большая часть потребляемой растениями воды расходуется на транспирацию, а испарение с почвы при наличии растительного покрова, даже когда влажность почвы высока, невелико, то суммарное испарение при оптимальной влажности почвы близко к влагопотребности. Поэтому обычно под влагопотребностью понимают расход воды сообществом растений на суммарное испарение при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя. Она зависит как от метеорологических условий, так и от биологических особенностей самой культуры, возраста растений, агротехнологии.

При анализе материалов о фактическом потреблении воды растениями в условиях оптимального увлажнения почвы, когда оно равно влагопотребности, в целом за вегетационный период отмечается близость к испаряемости.

Для большинства сельскохозяйственных культур в начале вегетационного периода влагопотребность мала и возрастает по мере увеличения зеленой массы, достигая максимума у однолетних культур в период наступления бутонизации и цветения, а у многолетних – в период максимального прироста урожая. У всех растений имеется период, критический по отношению к влаге. Недостаток влаги в этот период вызывает максимальное снижение урожая. Дефицит влаги и в другие периоды приводит к снижению урожая, но в меньшей степени, чем в критический [7, 9, 12].

Для зерновых культур особенно важны осадки первой половины лета. Корнеплоды и картофель, наоборот, очень чувствительны к недостатку влаги в период репродуктивного развития, т.е. в момент формирования урожая. У различных сортов одного и того же вида

растений критическими могут быть иные периоды развития. К прямому показателю влагообеспеченности относится сумма осадков за вегетационный период и запасы продуктивной влаги в почве. Для сельскохозяйственных культур очень важны осадки, выпавшие в период их активной вегетации (от посева до созревания), т.е. за май–август. В период созревания и уборки урожая благоприятной является ясная и без осадков погода. Также важны осадки холодного периода года, которые определяют величину весенних запасов влаги в почве, т.е. в период сева сельскохозяйственных культур.

Запасы продуктивной влаги в почве является прямым показателем влагообеспеченности посевов. Нижняя граница оптимальной влажности почвы для различных полевых культур составляет 70–75% от наименьшей полевой влагоемкости почвы (НПВ), а для овощных культур – 75–80% от НПВ. Потребность посевов в воде полностью удовлетворяется, если влажность тяжелосуглинистых и глинистых почв не ниже 70–80% от НПВ, легкосуглинистых и среднесуглинистых почв – не ниже 65–75%, а супесчаных почв – не ниже 50–60% [12].

НПВ в слое 0–100 см для черноземных почв равна 180–200 мм, для суглинистых почв – 170–180 мм, для супесчаных почв – 150–160 мм, а для песчаных – 80–120 мм [7].

В среднем оптимальная увлажненность почвы для развития растений, наблюдается при влажности почвы 80–100% от НПВ. Переувлажнение почвы для развития растений, наступает при влажности почвы более 100% от НПВ.

Для общей оценки условий увлажнения почвы применительно к растительности, ЗПВ (W) сопоставляются со значением наименьшей полевой влагоемкости ($W_{НПВ}$) почвы:

$$W(\%) = \frac{W}{W_{НПВ}} * 100 \quad (1.4)$$

Для оценки используются следующие критерии:

- более 100% – избыточное увлажнение;
- 80–100% – оптимальное увлажнение;
- 50–80% – удовлетворительное увлажнение;
- менее 50% – недостаточное увлажнение.

В степных районах Казахстана с суглинистыми почвами, хорошие весенние запасы влаги в метровом слое почвы складываются при запасах продуктивной влаги 180–160 мм, а в пахотном слое почвы – 20–30 мм.

Для оценки влагообеспеченности сельскохозяйственных культур широко используются расчетные показатели и коэффициенты увлажнения, которые представляют собой отношение одной или нескольких компонент водного баланса корнеобитаемого слоя (чаще всего осадков, запасов влаги в почве или суммарного испарения) к испаряемости.

Влагообеспеченность растений достаточно хорошо определяется косвенными показателями, в виде коэффициента увлажнения Н.В. Бова и Н.Г. Грибковой (K), гидротермического коэффициента Г.Т. Селянинова (ГТК) [1, 7, 9, 11, 12]:

$$K = \frac{R}{\sum E_0} \quad (1.5)$$

или

$$K = \frac{W_H + R}{\sum E_0}, \quad (1.6)$$

где R – сумма осадков за вегетационный или межфазный периоды;

$\sum E_0$ – сумма испаряемости за вегетационный или межфазный периоды;

W_H – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы весной перед посевом.

$$ГТК = \frac{\sum R}{0,1 \sum t_{>10}}, \quad (1.7)$$

где $\sum R$ – сумма осадков за период с суммой температур выше 10°C;
 $\sum t_{>10}$ – сумма температур воздуха за период с температурой выше 10°C.

По ГТК оценка ведется по шкале: менее 0,3 – очень сухо; 0,3–0,5 – сухо; 0,6–0,7 – засушливо; 0,8–1,0 – недостаточное увлажнение; 1,0 – равенство прихода и расхода влаги; 1,0–1,5 – достаточное увлажнение; более 1,5 – избыток влаги; более 2,0 – избыток влаги для тропиков [1, 7].

Н.В. Бова усовершенствовал ГТК Селянинова, включив в формулу первоначальный запас продуктивной влаги:

$$K = \frac{W + \sum X}{0,1 \sum t}, \quad (1.8)$$

где W – запас продуктивной влаги в корнеобитаемом слое (0—100 см) весной;
 $\sum X$ – количество осадков, выпавших с момента весеннего определения влажности почвы до момента расчета (до наступления засухи);
 $\sum t$ – сумма положительных среднесуточных температур от даты перехода температуры через 0°C весной до даты проведения расчета.

Согласно выводам автора, засуха наступает, когда $K = 1,5$. Поскольку в начальный период жизни корневая система растений развита слабо и расположена в верхнем слое толщиной 0,20 м, то включение в расчетную формулу запаса продуктивной влаги в метровом слое создает видимость избыточного увлажнения. Чтобы этого не было, Н. В. Бова рекомендует при расчете использовать запас продуктивной влаги в метровом слое не полностью, а брать от него 66%.

Другие исследователи (П.И. Колосков, Н.Н. Иванов, Д.И. Шашко, М.И. Будыко, А.П. Федосеев) предложили свои показатели влагообеспеченности.

Показатель атмосферной увлажненности (Md) Д.И. Шашко:

$$Md = \frac{\sum R}{\sum d}, \quad (1.9)$$

где $\sum R$ – сумма осадков;
 $\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов упругости водяного пара.

Будыко (1958) ввел коэффициент сухости ($Dв$) для классификации сухих климатов [13]:

$$Dв = R_n / L P, \quad (1.10)$$

где R_n – средняя величина суммарной радиации над насыщенной влагой поверхностью;
 P – среднегодовое количество осадков;
 L – скрытая теплота парообразования.

Летто в 1969 г. немного уточнил соотношение ($Dв$), введя вместо R_n суммарную радиацию над действительной поверхностью R (ненасыщенной). Харе (1983 г.) определил, что большинство районов, подверженных значительному опустыниванию, расположены в таком сухом климате, где диапазон коэффициента лежит в пределах $2 < D < 7$. Эти значения

близки к крайним значениям сухости в субвлажной зоне и к предельным по влажности, отмечаемых на краях пустыни. Настоящая пустыня располагается в зоне, где $D \geq 10$ [13].

Маттер (1974 г.) использовал индекс влажности Торнтвейта (Im) с некоторыми незначительными изменениями для того, чтобы описать количественно сухие климаты. В этом уравнении [13]:

$$Im = 100 \frac{P}{E_p} - 1, \quad (1.11)$$

где P – среднегодовое количество осадков;

E_p – среднегодовое потенциальное суммарное испарение.

Индекс имеет положительные значения для влажных климатов и отрицательные для сухих климатов. Используя этот индекс, ЮНЕСКО издала известную карту засушливой зоны Первила Мейгса III (Stamp, 1961).

Фактически эти два индекса засушливости просто алгебраически трансформируются из одного в другой (Nage, 1977, 1983). В теплых районах (среднегодовая температура 20°C и выше), где отсутствует суммарный годовой региональный сток поверхностных вод, соотношение индексов следующее [13]:

$$Im * 10^{-2} = 1/(D - 1), \quad (1.12)$$

При низких температурах это приближение становится неверно, но обобщение, что Im и D трансформируются из одного в другой, остается верным.

Поскольку индексы действительно изменяемы для теплых регионов, можно обобщить, что для зоны, наиболее подверженной процессу опустынивания, значения D колеблются от 2 до 7, а это примерно эквивалентно значениям Im от минус 50 до минус 85. Картер и Матер (1966 г.) определили граничное значение Im – минус 68 для засушливых и полувлажных районов. Эти значения очень приблизительные. Неразумная экономическая деятельность человека может привести к опустыниванию территорий с коэффициентом сухости меньше двух [12].

Известны и другие комплексные показатели тепло- и влагообеспеченности. Одним из таких показателей является индекс Д.А. Педя – S , рассчитываемый по формуле [14]:

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma \Delta T} - \frac{\Delta Q}{\sigma \Delta Q} - \frac{\Delta w}{\sigma \Delta w}, \quad (1.13)$$

где $\Delta T, \Delta Q, \Delta w$ – аномалии температуры воздуха, осадков и запасов влаги в почве;
 $\sigma \Delta T, \sigma \Delta Q, \sigma \Delta w$ – соответствующие им средние квадратические отклонения.

С помощью индекса Педя можно характеризовать условия, как влагообеспеченности, так и тепло обеспеченности, поскольку в отличие от ГТК это знакопеременная величина: положительным значениям S соответствуют засушливые периоды, отрицательным – влажные. Этому может быть дана другая интерпретация, а именно: положительным значениям S соответствует повышенный термический режим какого-либо периода, отрицательным – возврат холодов.

В США для равнинной территории используются индекс Палмера (Palmer Drought Severity Index, PDSI), «Стандартизированный индекс осадков» (SPI) и «Индекс критического содержания воды в посевах» (CWSI), для горной местности – индекс «Запаса поверхностной влаги» (SWSI).

SPI – основан на вероятности осадков в любом временном масштабе. Вероятность наблюдаемых осадков преобразуется затем в индекс. Он используется в исследовательском

или оперативном режиме в более чем 70 странах. Разработчиками являются Т.Б. Макки, М.Дж. Доускен и Дж. Кляйст (Университет штата Колорадо, 1993 г.) [15].

Для определения интенсивности засухи на основании значений SPI можно использовать критерии, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Критерии оценки увлажнения и засухи по SPI

Значение	Характеристика	Значение	Характеристика
2,0 и выше	экстремально влажно	0... –0,99	слабовыраженная засуха
1,5 – 1,99	очень влажно	–1,0 ... –1,49	умеренная засуха
1,0 – 1,49	умеренно влажно	–1,5 ... –1,99	сильная засуха
0,99 – 0	слабое увлажнение	–2 и менее	экстремальная засуха

Программа расчета SPI имеется в версии Windows/ПК и может быть загружена бесплатно. Последняя версия программы SPI (SPI_SL_6.exe), доступны по адресу: <http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx>. Она была скомпилирована в C++ для ПК, и в нее включены все библиотеки [15].

Оценку влагообеспеченности сельскохозяйственных культур в период их активной вегетации (май–август) можно проводить по коэффициенту увлажнения К, предложенный С.С. Байшолановым [16], по аналогии коэффициентов увлажнения Л.С. Кельчевской, Д.А. Бринкена, С.А. Сапожниковой и Ю.И. Чиркова [1, 7, 9, 11]. Для условий Казахстана коэффициент аккумуляции осадков за холодный период равняется 0,5, а коэффициент переводящий температуру воздуха в испаряемость равняется 0,12:

$$K = \frac{0,5 \sum R_{11-4} + \sum R_{5-8}}{0,12 \sum T_{5-8}} \quad (1.14)$$

где $\sum R_{11-4}$ – сумма осадков за ноябрь–апрель;
 $\sum R_{5-8}$ – сумма осадков за май–август;
 $\sum T_{5-8}$ – сумма температур воздуха за май–август.

Здесь сумма осадков за ноябрь–апрель косвенно характеризует запасы влаги в почве на начало мая (период сева культур), а сумма температур воздуха за май–август – испаряемость за вегетационный период. Также К, в определенной степени может характеризовать и общую засуху (атмосферно–почвенная засуха).

В таблице 1.2 приведены критерии оценки влагообеспеченности вегетационного периода с помощью коэффициента увлажнения К, для территории Казахстана.

Таблица 1.2 – Критерии оценки влагообеспеченности вегетационного периода с помощью коэффициента увлажнения К

К	Влагообеспеченность	Увлажнённость
< 0,20	сухо	сухая
0,20 – 0,39	сильный дефицит влаги	сильно засушливая
0,40 – 0,59	умеренный дефицит влаги	умеренно засушливая
0,60 – 0,79	недостаточная влагообеспеченность	слабо засушливая
0,80 – 0,99	достаточная, но не устойчивая влагообеспеченность	слабо увлажнённая
1,00 – 1,19	оптимальная и устойчивая влагообеспеченность	умеренно увлажнённая
1,20 – 1,39		обильно увлажнённая
≥ 1,40	избыток влаги	избыточно увлажнённая

1.4 Методы оценки неблагоприятных погодных явлений

Для сельского хозяйства большую опасность представляют следующие погодные условия и явления: засухи, суховеи, переувлажнение почвы, заморозки, сильные ливни, град, сильные ветры, пыльные бури, сильные морозы и т.д.

Самыми распространенными и опасными в Казахстане являются засухи и суховеи. Анализ неблагоприятных агрометеорологических явлений, вызвавшие значительное или полное уничтожение сельскохозяйственных посевов на территории Казахстана показал, что доля атмосферной и почвенной засухи составляет около 80%, ливневого дождя и града – 14%, заморозки – 2%, переувлажнения почвы – 2%, сильных морозов и сильных ветров – по 1% [17].

Засуха

Засуха – природное явление характеризующиеся длительным отсутствием осадков, повышенными температурами воздуха и почвы. В комплексе это приводит к истощению влаги в почве, нарушению водного баланса растений и недобору урожая или к гибели всего посева. Различают три типа засухи: атмосферная, почвенная и общая (атмосферно–почвенная).

Атмосферная засуха характеризуется устойчивой антициклональной погодой с длительным бездождным периодом, высокой температурой и большой сухостью воздуха.

Почвенная засуха возникает в результате усиленного испарения, когда запасы влаги в почве становится недостаточным для нормального развития растений.

В зависимости от времени года различают весенние, летние и осенние засухи. Весенние засухи особенно опасны для ранних зерновых культур. Летние засухи причиняют сильный вред как ранним, так и поздним зерновым и другим однолетним культурам, а также плодовым растениям. Осенние засухи опасны для всходов озимых культур. Наиболее губительны весенне–летние и летне–осенние засухи.

Надо отметить, что понятие «засуха» неприменимо к районам с бездождным летом и крайне малым количеством осадков, где климат очень засушливый и земледелие возможно только при орошении (например, пустыни Сахара, Гоби, Кызылкум и др.).

Засуха относится к числу стихийных бедствий. Ученые считают, что примерно 15% от общего урона, наносимого стихийными бедствиями, приносит засуха. Засуха приводит не только к гибели растительности, также и к падежу скота, к голоду, зачастую и к гибели людей.

Возникновение засухи в Казахстане связаны с особенностями общей циркуляции атмосферы. В соответствии с работами М.Х. Байдала засуха может установиться почти на всей территории Казахстана, когда антициклоны Азорского происхождения перемещаются с запада на восток, создавая полосу высокого давления, охватывая всю территорию республики. Географическая разобщенность атмосферных засух проявляется при вторжении арктического воздуха с севера или с северо–запада (с акваторий Баренцева и Карского морей) и формирования мощного антициклона. Если арктический воздух с Карского моря поступает на территорию Западной Сибири, стационарный антициклон формируется над центральным и восточным Казахстаном. Следовательно, атмосферная засуха наблюдается на востоке Казахстана. Запад республики в это время подвержены действию циклонов. Если арктический воздух вторгается с акватории Баренцева моря на западную часть России, центр стационарного антициклона располагается над Уралом. Соответственно засуха наблюдается на западе республики [18].

Как не существует универсального определения понятия засухи, так не существует и единого индекса или показателя, который мог бы характеризовать все типы засух, климатических режимов и секторов, подвергающихся воздействию засухи, и применяться к ним [19]. В справочнике ВМО [19] описаны основные индексы и показатели засушливости, используемые сегодня в мире.

Прямым и более надежным показателем засухи является запасы продуктивной влаги в

почве. Нижняя граница оптимальной влажности почвы для различных полевых культур составляет 70–75% от наименьшей полевой влагоемкости почвы (НПВ), а для овощных культур – 75–80% от НПВ. Снижение влажности пахотного слоя почвы (20 см) до 9 мм и менее, а метрового слоя – менее 60 мм считается началом засухи [12, 20].

В Национальной гидрометеорологической службе Казахстана (РГП «Казгидромет» МЭ РК) для определения атмосферных и почвенных засух используются запасы влаги в почве, различное сочетание максимальной температуры воздуха, относительной влажности воздуха и количества осадков.

Например, атмосферная засуха, отмечающаяся в поздневесенний и раннеосенний (май, сентябрь) периоды характеризуется отсутствием существенных осадков (менее 5 мм) за срок не менее 30 суток подряд при максимальной температуре воздуха выше 20°C и минимальной относительной влажности воздуха менее 40%. В южных регионах Казахстана минимальная относительная влажность воздуха должна составлять менее 35%.

Атмосферная засуха, отмечающаяся в летний (июнь, июль, август) период характеризуются следующими критериями:

- в течение 30 суток подряд при максимальной температуре воздуха от 25 до 30°C (не более 25% продолжительности периода возможно наличие температуры ниже 25°C) и минимальной относительной влажности воздуха 35% и менее;
- в течение 15 суток подряд при максимальной температуре воздуха от 30 до 35°C и минимальной относительной влажности воздуха 30% и менее;
- в течение 10 суток подряд при максимальной температуре воздуха более 35°C и минимальной относительной влажности воздуха 30% и менее.

В летний период почвенная засуха считается наступившим, если не менее 30 суток подряд запасы продуктивной влаги (ЗПВ) в пахотном слое почвы (0–20 см) составляют не более 10 мм или не менее 20 суток, если в начале засушливого периода запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см были менее 50 мм.

Весной и в начале лета (июнь), когда запасы продуктивной влаги в почве особенно важны для развития сельскохозяйственных культур, почвенную засуху можно определить по следующим критериям:

- в течение 3-х декад запасы продуктивной влаги составляли в слое почвы 0–20 см менее 25 мм, в слое почвы 0–100 см – менее 100 мм (северная часть Казахстана);
- в течение 3-х декад запасы продуктивной влаги составляли в слое почвы 0–20 см менее 20 мм, в слое почвы 0–100 см – менее 80 мм (центральная часть Казахстана).
- в течение 3-х декад запасы продуктивной влаги составляли в слое почвы 0–20 см менее 15 мм, в слое почвы 0–100 см – менее 60 мм (земледельческие территории южной половины республики, при условии богарного земледелия).

Однако все эти предложенные методы не всегда выявляют засуху, и не в полной мере отражают влияние засухи на продуктивность сельскохозяйственных культур. Можно сказать, что не существует одного универсального метода или индекса, пригодного для всех природных зон. Кроме того, возникает необходимость оценки степени засухи и ее влияния на продуктивность сельскохозяйственных культур относительно климатических норм конкретного региона (с учетом биоклиматического потенциала). Средние условия увлажнения региона с умеренным биоклиматическим потенциалом может быть недостаточным для региона с высоким биоклиматическим потенциалом. Например, условие увлажнения аналогичное среднемноголетним значениям Западно-Казахстанской области, может вызвать значимое снижение урожая в Северо-Казахстанской области, соответственно там оно будет восприниматься как засуха.

На практике также используются расчетные методы оценки засухи. Для разных природных условий имеются разнообразные индексы оценки увлажнения территории или засухи. Например, в качестве оценки атмосферной засухи можно использовать гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), коэффициенты увлажнения Д.И. Шашко (Md), П.И. Колоскова, А.В. Процорова, Н.Н. Иванова, Л.С. Кельчевской,

Д.А. Бринкена, С.А. Сапожниковой и Ю.И. Чиркова, показатель засушливости Д.А. Педя, стандартизированный индекс осадков (SPI) и т.д.

Общую засуху можно оценить с помощью коэффициентов увлажнения Е.С. Улановой, Н.В. Бова, а также Байшоланова С.С. [7, 9, 12, 16, 20].

Также для мониторинга атмосферно–почвенных засух можно использовать агрометеорологический коэффициент увлажнения (АКУ), включающий в себе ГТК и ЗПВ [21]. В России для ежелектного мониторинга засухи успешно применяется система комплексной оценки засух и засушливых явлений, разработанная в ФГБУ «ВНИИСХМ» Росгидромета. В системе для оценки засухи используются 8 показателей, включая ГТК, Md и ЗПВ [21, 22].

Также обобщенным критерием засухи считается уровень снижения урожайности основной сельскохозяйственной культуры. Урожайность в каждом конкретном году формируется под воздействием комплекса факторов, которые можно разделить на две составляющие: уровень культуры земледелия и погодные условия [16, 22].

В работе [17] Байшолановым С.С. была проведена оценка засухи по средней областной урожайности яровой пшеницы за 1966–2010 гг., на основе расчета показателя доли погоды в формировании урожая, по 8 основным зерносеющим областям Казахстана.

Показатель доли погоды в формировании урожая определяется как отношение отклонения урожайности от тренды на среднее трендовое значение, и рассчитывается по формуле:

$$dP = \left(\frac{y - y_T}{\bar{y}_T} \right) * 100 \quad (1.15)$$

где dP – показатель доли погоды в формировании урожая, в %;

y – средняя областная урожайность, ц/га;

y_T – трендовое значение урожайности, ц/га;

$\bar{y}_T$ – средняя трендовая урожайность, за многолетний период, ц/га;

100 – коэффициент для перевода на проценты.

Если dP составляет до минус 20%, то засуха считается слабой интенсивности, от минус 20% до минус 50% – средней интенсивности, более минус 50% – сильной интенсивности.

Таким образом, на основе многолетних данных средней областной урожайности яровой пшеницы можно определить проявление засухи и ее интенсивность, на конкретный год.

Однако надо отметить, что территории областей Казахстана имеют значительную протяженность по широте, и могут находиться на нескольких природных зонах. Соответственно, на такой территории засуха пространственно имеет разную интенсивность. Поэтому для более подробного анализа пространственного распределения засухи необходимы данные более мелкого масштаба. Например, по метеорологическим станциям.

В работе [15] говорится, что засуха должна рассматриваться в качестве относительного, а не абсолютного состояния. Засухи являются региональными по своей протяженности, и каждый регион обладает особыми климатическими характеристиками. Засухи, которые происходят на североамериканских Великих равнинах, будут отличаться от тех, которые наблюдаются в северо–восточной Бразилии, южной части Африки, западной Европе, восточной Австралии или на Северокитайской равнине. В каждом из этих мест объем, сезонный характер и форма осадков значительно отличаются друг от друга.

Многолетняя практика показала, что для оценки засухи в условиях Казахстана наиболее подходящим является гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова, рассчитанный за период май–август (ГТК₅₋₈) [17, 24].

В условиях Казахстана для оценки засушливости климата или интенсивности засухи можно использовать критерии ГТК, приведенные в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Критерии оценки засушливости вегетационного периода по ГТК₅₋₈

ГТК ₅₋₈	Засушливость
< 0,40	сильно засушливо
0,40 – 0,59	умеренно засушливо
0,60 – 0,79	слабо засушливо
≥ 0,8	не засушливо

В работе [24] на основе среднегодовых значений ГТК за май–август было проведено обобщенное зонирование всей территории Казахстана по засушливости климата. По климатической засушливости вегетационного периода вся территория республики была подразделена на 4 зоны.

Суховей

Суховей – сложное погодное явление, возникающее при скорости ветра более 5 м/с, высокой температуре воздуха более 25°C и низкой влажности воздуха менее 30% [12, 20, 25]. В отличие от засухи суховеи, как правило, непродолжительны (от нескольких часов до нескольких суток). Под воздействием суховея происходит интенсивное испарение почвенной влаги, нарушение водного баланса растений и обезвоживание тканей растений. В результате воздействия суховея засыхают и погибают растения, даже при достаточном запасе влаги в почве, так как корневая система не успевает подавать в наземную часть достаточное количество воды. Суховеи наблюдаются в основном весной и летом в степной и лесостепной зонах Земного шара. Сухие ветры образуются в результате трансформации воздушных масс арктического происхождения или выноса воздуха с районов пустынь.

Суховей нельзя рассматривать в отрыве от всего комплекса метеорологических условий, связанных с более крупным явлением – атмосферной засухой. Оба эти явления генетически связаны и вызываются одними и теми же факторами. В.К. Иванов считает, что разделять суховей и засуху невозможно ни с практической, ни с климатологической, ни с географической точек зрения. Поэтому при агрометеорологическом обслуживании сельского хозяйства нецелесообразно разрывать естественный процесс, имеющий две стадии, взаимосвязанные и в какой-то мере обуславливающие друг друга, на атмосферную засуху и суховей.

Большинства учеными в основу определения суховея положено различное сочетание высокой температуры, низкой относительной влажности и определенной скорости ветра [12, 20, 25]. Основным критерием суховея является сочетание температуры воздуха выше 25°C, низкой относительной влажности воздуха менее 30% и ветра со скоростью 5 м/с и более. Разные авторы для различных природных зон дают разное сочетание этих трех метеорологических показателей. Для условий Казахстана Е.И. Бучинский и Н.Ф. Самохвалов предлагают следующие критерии: температура воздуха выше 25°C, низкая относительная влажность воздуха менее 20%, скорость ветра 5 м/с и более, а при температуре 30°C более – скорость ветра 3 м/с и более.

Г.Т. Селянинов (1930 г.) предлагает считать суховейными дни с суточным испарением по испарителю Вильде (испаряемостью) 8 мм и более. Он расценивает такую величину испаряемости, как «вредное явление», указывая, что она нередко наблюдается при средней относительной влажности выше 50% за сутки, но или при повышенной скорости ветра или при высокой температуре. Весной и осенью такая испаряемость обычно наблюдается при средней суточной температуре ниже 20°C, но при сильном ветре или низкой влажности воздуха. Г.Т. Селянинов очень удачно выразил то основное, что характерно для суховея – их «иссушающую силу», то есть испаряемость, показав при этом, что она может проявляться при различных сочетаниях температуры, влажности воздуха и скорости ветра.

Согласно исследованиям Е.А. Цубербиллера день считается суховейным, если в околополуденное время дефицит влажности воздуха превышает 20 мб (слабый), 30 мб

(умеренный) и 40 мб (интенсивный) при скорости ветра менее 8 м/с [26]. Критерии оценки интенсивности суховея приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Критерии оценки интенсивности суховея [26]

Интенсивность суховеев	Дефицита влажности воздуха (гПа) при скорости ветра в 12 - 15 ч	
	> 8 м/с	≤ 8 м/с
Слабые	15–19	20–29
Средней интенсивности	20–29	30–39
Интенсивные	30–39	40–49
Очень интенсивные	≥40	≥50

Оценка пространственной и временной изменчивости суховея на территории Казахстана является малоизученной стороной этого явления. В работе Л.Е. Пасечнюка и В.А. Сенникова (1983 г) приводится агроклиматическая оценка суховеев в северном и западном Казахстане [25]. По их данным, среднее число дней с суховеями ($d \geq 20$ гПа) за период с апреля по октябрь составляет в Западно–Казахстанской и Актыбинской областях – 90–50 дней, в Костанайской, Северо–Казахстанской, Акмолинской и Павлодарской областях – 50–40 дней.

Заморозки

Заморозком называется понижение температуры воздуха или поверхности почвы (травостоя) до 0°C и ниже на фоне положительных средних суточных температур воздуха. Заморозки обычно наблюдаются весной и осенью (в северных регионах и в высокогорьях даже летом) при антициклонической погоде, на гребнях повышенного атмосферного давления, при высоком эффективном излучении подстилающей поверхности и при слабом ветре.

В зависимости от времени появления и интенсивности заморозки могут частично или существенно повредить сельскохозяйственные культуры, полностью уничтожить или снизить их урожай [20].

Заморозки на поверхности почвы весной заканчиваются позже, осенью начинаются раньше, чем в воздухе на уровне метеорологической будки, вследствие чего беззаморозковый период на почве оказывается на 20–30 дней короче, чем в воздухе на высоте 2 м.

Устойчивость растений к заморозкам и степень их повреждения зависят от многих факторов: времени наступления, интенсивности и продолжительности заморозка, вида, сорта и фазы развития растений, условий выращивания, скорости оттаивания тканей растений, поврежденных заморозком, и т.п. (таблица 1.5 и 1.6).

Температура, ниже которой растения повреждаются или гибнут, называется критической. Эта температура зависит от вида и фазы развития растений [12, 25]:

- озимые, ранние яровые зерновые и зернобобовые культуры в начальные фазы развития выносят кратковременные заморозки до минус 7°C. Однако в период колошения они повреждаются уже при температуре минус 3°C, а во время цветения при минус 1°C. В фазе молочной спелости зерно зерновых культур повреждается при минус 2°C. По мере созревания устойчивость зерна к низким температурам возрастает;

- корнеплоды, пряжилые и некоторые масличные культуры в начале развития выдерживают до минус 5°C, в фазе цветения до минус 2°C;

- кукуруза, картофель, соя выносят температуру до минус 2°C, но в фазе цветения повреждаются уже при минус 1°C;

- теплолюбивые растения (гречиха, фасоль, рис, хлопчатник, бахчевые) повреждаются уже при минус 0,5°C;

– для плодовых и ягодных культур заморозки особенно опасны во время цветения и образования завязи. Цветки и плодовая завязь повреждаются при минус 1–2°C. Закрытые бутоны выдерживают заморозки до минус 4°C.

Таблица 1.5 – Устойчивость сельскохозяйственных культур к заморозкам
(по В.Н. Степанову, 1948) [12]

Культура	Начало повреждения и частичная гибель (°C)			Гибель большинства растений (°C)		
	Всходы	Цветение	Созревание	Всходы	Цветение	Созревание
Наиболее устойчивые к заморозкам						
Яровая пшеница	–9 – –10	–1 – –2	–2 – –4	–10 – –12	–2	–4
Овес	–8 – –9	–1 – –2	–2 – –4	–9 – –11	–2	–4
Ячмень	–7 – –8	–1 – –2	–2 – –4	–8 – –10	–2	–4
Чечевица	–7 – –8	–1 – –3	–	–8 – –10	–3	–
Горох	–8 – –9	–3	–3 – –4	–8 – –10	–3 – –4	–4
Устойчивые к заморозкам						
Люпин многолетний	–7 – –8	–3	–3	–8 – –10	–3 – –4	–3 – –4
Вика яровая	–8 – –9	–2 – –3	–2 – –3	–8 – –9	–3	–3 – –4
Люпин узколистный	–5 – –6	–2 – –3	–3	–6 – –7	–3 – –4	–3 – –4
Бобы	–5 – –7	–2 – –3	–	–6 – –7	–3	–3 – –4
Подсолнечник	–6 – –7	–1 – –2	–2 – –3	–7 – –8	–3	–3
Лен, конопля	–5 – –7	–1 – –2	–2 – –4	–7	–2	–4
Сахарная свекла	–6 – –7	–2 – –3	–	–8	–3	–
Свекла кормовая	–6 – –7	–2 – –3	–	–8	–3	–
Морковь, брюква, турнепс	–6 – –7	–	–	–8	–	–
Среднеустойчивые к заморозкам						
Люпин желтый	–4 – –5	–2 – –3	–	–6	–3	–
Соя	–3 – –4	–2	–	–4	–2	–
Редис	–4	–	–	–6	–	–
Могар	–3 – –4	–1 – –2	–	–4	–2	–
Малоустойчивые к заморозкам						
Кукуруза	–2 – –3	–1 – –2	–2 – –3	–3	–2	–3
Просо, сорго, картофель	–2	–2	–1 – –2	–2 – –3	–2 – –3	
Неустойчивые к заморозкам						
Огурцы, томаты	–1 – –2	–	–	–2	–	–
Гречиха	–1 – –2	–1	–1,5 – –2	–2	–1	–2
Хлопчатник	–0,5 – –1	–0,5 – –1	–	–1	–1	–
Фасоль	–0,5 – –1,5	–0,5 – –1	–2	–1 – –5	–1	–2
Рис	–0,5 – –1	–0,5	–	–1	–0,5	–
Бахчевые	–0,5 – –1	–0,5 – –1	–0,5	–1	–1	–1

Таблица 1.6 – Критическая температура повреждения заморозками плодовых культур (по Н.И. Сенициной, 1973) [12]

Культура	Критические температуры воздуха, при которых повреждаются заморозками различные органы у растений
Виноград	распустившиеся почки (-1°C); цветки (0°C)
Яблоня, груша, вишня, слива	закрытые бутоны (-4°C); цветки и плодовые завязи (-1°C до 2°C)
Черешня	бутоны и цветки (-2°C); плодовые завязи (-1°C)
Абрикос, персик	закрытые бутоны (-2°C); цветки (-3°C); плодовые завязи (-1°C)
Ягодники (малина, клубника)	цветки и завязи (-2°C)

В результате воздействия заморозков повреждаются вегетативные и генеративные части растений, наблюдается отставание в развитии, и все это может привести к снижению урожая.

Гроза

Гроза – комплексное метеорологическое явление, представляющее собой электрические разряды в атмосфере, сопровождаемые молнией и громом. Грозы образуются в мощных кучево-дождевых облаках. Грозы сопровождаются сильными шквалистыми ветрами и ливневыми осадками, нередко градом. Молнии могут привести к гибели людей и скота, лесным пожарам, а также возгоранию созревших посевов сельскохозяйственных культур.

Различаются фронтальные и внутримассовые грозы. В Казахстане грозы в основном наблюдаются в теплое время года. Очаги наибольшей повторяемости, с более 25 дней в году, имеют место в горных районах юга, юго-востока и востока страны. Грозы более 20 дней в году наблюдаются в Северном Казахстане в Кокшетауской возвышенности, в центральной и северо-восточной части Сары-Арки, а также в Западном Казахстане в районе городов Актобе и Уральска. Повторяемость гроз минимальна в пустынях [27].

Сильный дождь

Дожди считаются опасными явлениями в случае, если за 12 часов и менее их количество составляет 15 мм и более. При достижении количества осадков 50 мм и более, а в горных (селеопасных) районах 30 мм и более за 12 часов и меньшее время, дожди становятся стихийным гидрометеорологическим явлением.

Очень опасным является сильный ливневый дождь – выпадение осадков 20 мм и более за период менее 1 часа [28]. Сильные дожди и ливни вызывают водную эрозию почвы, полегание посевов и гибель сельскохозяйственных культур, затрудняют уборку и обуславливают значительные потери урожая. В горных районах могут вызывать оползни и сели.

Число случаев с сильными дождями убывает с севера на юг республики и возрастает при продвижении к горным хребтам востока и юго-востока. На крайнем юге и юго-западе страны сильные дожди очень редки, 1–2 раза в 10 лет. Несколько чаще наблюдаются в северных, центральных и северо-восточных районах Казахстана. В горных и предгорных районах сильные дожди выпадают несколько раз в год. Сильные дожди, вызываемые высоким холодным циклоном, выпадают в основном на севере республики. Короткие интенсивные ливни вызывают паводки на малых реках, ливневые дожди – на средних и иногда на больших реках [29].

Град

Град – осадки, выпадающие в теплое время года из мощных кучево-дождевых облаков, обычно вместе с ливневым дождем, в виде частичек плотного льда, различных по форме и

величине. Диаметры градин в основном бывают от 5 мм до 20 мм. Обычно град выпадает в течение 3–5 минут и проходит полосой. Ширина полосы чаще всего бывает 1–2 км, длина – 10–20 км [28].

Выпадение града с диаметром градин более 20 мм приносит значительный ущерб сельскому хозяйству. Интенсивный град может уничтожить посевы, привести к гибели животных и повреждению техники, крыш и окон зданий. Наибольший вред приносит град в период цветения и созревания плодов сельскохозяйственных культур.

На территории Казахстана в среднем наблюдается 1–3 дня с градом, повторяемость града возрастает с юго–запада на северо–восток и в сторону горных районов. Выделяются четыре значимых района повышенной повторяемости града: Северный Казахстан (1,5 дня в году), Казахский мелкосопочник (2 дня в году), Алтай (2,5 дня в году) и среднегорные пояса хребтов Илейского Алатау (5 дней в году) и Жетысуского Алатау (3 дня в году) и Каратау (1,8 дня в году). Максимальное число дней с градом составляет 10–20 дней в Алматинской области, на юге, востоке и центре Казахстана – до 8 дней, на севере – до 6 дней в год [30].

Пыльные бури

Пыльная буря – перенос сильным ветром больших количеств пыли и песка в приземном слое воздуха, приводящий к значительному ухудшению видимости. Особо опасными являются пыльные бури при скорости ветра более 15 м/с, продолжительности более 12 часов и видимости менее 500 метров [28].

Сильные пыльные бури препятствуют проведению агротехнических мероприятий (обработка почвы, посев, внесение удобрения, уборка урожая), ломают стебли растений, приводят к повреждению и полеганию посевов.

Значительный очаг пыльных бурь расположен на северном и южном побережьях Аральского моря. Очаги повышенной повторяемости опасных пыльных бурь имеются на территории Западно–Казахстанской и Атырауской областей, в Кызылкумах, в долине реки Иле, на востоке озера Балкаш и между реками Ертис–Шаган–Шар в Восточно–Казахстанской области [27].

Метели

Метели возникают в условиях выпадения снега или рыхлой структуры снежного покрова при скорости ветра более 5 м/с. Метели способствуют образованию заносов и ухудшению видимости, затрудняют движение транспорта, а также создают неблагоприятные условия для сельского хозяйства, представляют угрозу жизни людей.

Возникновение сильных метелей в Казахстане определяется особенностями общей циркуляции атмосферы в холодный период года, в частности они возникают при прохождении глубоких циклонов и их ложбин, а также при сближении двух противоположных по знаку барических образований (циклона и антициклона). Сильные метели возникают и под влиянием орографии, например в горных проходах.

Интенсивные метели свойственны северной половине республики. Выделяется очаг с повторяемостью метели более 40 суток в году – в Костанайской области (Диевская и Аркалык), Акмолинской (Аршалы и Ерейментау), Павлодарской (Актогай) и Актюбинской (Акжар) области. В метелевые годы в этих районах количество суток с метелью достигает 78. Большая повторяемость метелей не везде характеризует большую вероятность возникновения очень сильных метелей. В северной половине республики очень высокий риск возникновения сильных метелей имеет место в Акмолинской области (Державинск и Ерейментау) [31].

1.5 Методика оценки условий перезимовки озимых зерновых культур

В холодный период года в результате воздействия неблагоприятных погодных явлений могут происходить вымерзание, выпревание под мощным снежным покровом, вымокание

из-за застоя воды на полях, выпирание из-за чередования оттепелей и морозов, повреждение растений ледяной коркой, а также зимний нагрев и иссушение зимующих растений.

Изучению условий перезимовки растений посвящены множество исследований. Например, можно отметить, исследования Ф.Ф. Давитая, В.М. Личикаки, А.М. Шульгина, Г.Д. Рихтера, В.А. Моисейчика, З.А. Мищенко и т.д. [11].

П.И. Колосков [1] по климатическим условиям перезимовки озимой пшеницы территорию Казахстана подразделяет на 4 района:

- 1) со средней температурой января ниже минус 15°C – перезимовка не обеспечена.
- 2) со средней температурой января минус $10-15^{\circ}\text{C}$:
 - а) средняя высота снежного покрова в январе выше 40 см – перезимовка обеспечена;
 - б) средняя высота снежного покрова в январе ниже 40 см – перезимовка обеспечена при условии проведения мер снегонакопления.
- 3) со средней температурой января минус $5-10^{\circ}\text{C}$:
 - а) средняя высота снежного покрова в январе выше 20 см – перезимовка обеспечена;
 - б) средняя высота снежного покрова в январе ниже 20 см – перезимовка обеспечена при условии проведения мер снегонакопления.
- 4) со средней температурой января минус $0-5^{\circ}\text{C}$:
 - а) средняя максимальная высота снежного покрова ниже 50 см – нет выпревания;
 - б) средняя максимальная высота снежного покрова выше 50 см – возможно выпревание.

Озимая рожь обладает высокой морозостойкостью, нежели озимая пшеница. По П.И. Колоскову климатические условия позволяют возделывать озимую рожь в северных частях Западно-Казахстанской, Актюбинской и Костанайской областей, в Северо-Казахстанской области, в значительных частях Акмолинской, Павлодарской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей, а также в южных предгорных районах Казахстана [1].

В то же время, согласно районированию агроклиматических условий перезимовки озимых культур на территории СНГ В.А. Моисейчиком, условия перезимовки оцениваются как очень плохие на западе, севере, в центре и северо-востоке Казахстана, как удовлетворительные и хорошие – на юге и востоке [11].

В Казахстане основной причиной гибели сельскохозяйственных культур зимой является вымерзание растений в результате воздействия сильных морозов. В то же время очень высокий снежный покров в теплые зимы может привести к выпреванию. Также сильные ветры могут вызывать перераспределение снега, оголяя большие площади. В условиях Северного Казахстана в связи с постоянными ветрами часто происходит перераспределение снежного покрова. При этом на ветряной стороне рельефа высота снега может быть не высокой, что также влияет на условия перезимовки озимых культур.

Зимостойкость и морозостойкость озимых культур зависит от степени осенней закалки и условий зимовки. Морозостойкость озимых характеризуется критической температурой вымерзания, при которой погибает 50% и более посевов растений.

Понижение температуры на глубине узла кущения растений (3-5 см) ниже критической температуры вымерзания приводит к изреженности или полной гибели озимых культур. В зависимости от зимостойкости сорта и условия осенней закалки критическая температура вымерзания находится у озимого ячменя в пределах минус $13 - 16^{\circ}\text{C}$, у озимой пшеницы – минус $18 - 22^{\circ}\text{C}$, у озимой ржи – минус $20 - 24^{\circ}\text{C}$. После интенсивных оттепелей растения погибают и при менее низких температурах почвы.

В таблице 1.7 даны критические значения температуры почвы на глубине узла кущения, приводящие к вымерзанию озимой пшеницы. Для определения возможности возделывания озимой пшеницы, в качестве оценочной критической температуры можно взять минус 18°C . При температуре выше минус 18°C обеспечивается успешная перезимовка озимой пшеницы.

Таблица 1.7 – Критические температуры почвы на глубине узла кущения, приводящие к вымерзанию озимой пшеницы в зимний период [32]

Условия осенней закали озимых культур	Критическая температура на глубине узла кущения, °С	
	от	до
Хорошие	–22	–25
Средние	–20	–23
Плохие	–18	–21

Однако фактических наблюдений за минимальной температурой почвы на глубине узла кущения очень мало, особенно в северной части Казахстана. Поэтому часто используются другие характеристики, такие как, минимальная температуры воздуха, высота снега и глубина промерзания почвы. Температура почвы на глубине узла кущения зависит от высоты снежного покрова и температуры воздуха.

Понижение температуры воздуха до минус 25°С при полном бесснежье или до минус 30°С при высоте снежного покрова ниже 5 см обуславливает понижение температуры на глубине узла кущения растений ниже критической температуры вымерзания [28]. Такие низкие температуры являются опасными не только для посевов озимых зерновых культур и многолетних трав, также и для плодовых деревьев и ягодников.

Для растений, ушедших на зиму недостаточно развитыми (озимые зерновые, не достигшие стадии кущения) понижение температуры воздуха ниже минус 15°С при высоте снежного покрова менее 5 см может нанести значительный ущерб [9, 12].

Для оценки условий вымерзания озимых культур в зависимости от температуры воздуха и высоты снежного покрова существуют различные мнения и критерии. Приведем некоторых из них:

- среднюю декадную температуру воздуха ниже минус 20°С принято считать неблагоприятным для перезимовки озимых культур [33];
- при низких температурах воздуха порядка минус 25 – минус 35°С благоприятная перезимовка возможна при высоте снежного покрова 25–35 см [33];
- для хорошей перезимовки озимых культур в южных регионах необходим снежный покров высотой около 20 см, в северных регионах – около 30 см (в суровые зимы до 40 см и более) [11];
- при наличии снежного покрова высотой более 13 см, посевы озимых зерновых культур защищены от морозов до минус 30°С, а при высоте снега 27 см неопасны морозы до минус 44°С (таблица 1.8) [32].

Таблица 1.8 – Средняя высота снежного покрова, обеспечивающая укрытие поля озимых культур при различных минимальных температурах воздуха и условиях осенней закали растений [32]

Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	Средняя высота снежного покрова при различных условиях осенней закали, см		
	хорошие	средние	плохие
–30	10	11	13
–32	11	13	16
–34	12	15	18
–36	13	17	20
–38	13	18	21
–40	17	20	23
–42	18	21	26
–44	19	23	27

Расхождение значений высоты снега объясняется, тем, что для более точного определения нужно еще учитывать глубину промерзания почвы, тип почвы, плотность снега и т.д.

Для комплексной агроклиматической оценки зимнего периода А.М. Шульгин предложил формулу для расчета показателя суровости зимы (K_c) следующего вида [11]:

$$K_c = \frac{\bar{T}_m}{C} \quad (1.16)$$

где $\bar{T}_m$ – средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха (за месяц, сезон); C – средняя высота снежного покрова (за месяц, сезон).

Зима считается весьма суровой, если $K_c > 3$, суровой – если $K_c = 1-3$, мало суровой – если $K_c < 1$.

Для определения возможности возделывания озимых зерновых культур, наравне с минимальной температурой почвы на глубине узла кущения, можно использовать сочетание абсолютного минимума температуры воздуха со средней высотой снежного покрова и показатель суровости зимы (K_c). Возделывание озимых зерновых культур исключается на территории с суровой и весьма суровой зимой ($K_c > 1$), так как такие условия не обеспечивают успешную перезимовку озимых зерновых культур.

1.6 Методика агроклиматического зонирования

Агроклиматическое зонирование предусматривает деление территории по определенной системе на различные зоны, достаточно однородные внутри своих границ по тепло- и влагообеспеченности, имеющих существенное значение для географического распределения и специализации сельского хозяйства.

Для комплексной оценки агроклиматических ресурсов проводят агроклиматическое зонирование (районирование) территории по основным агроклиматическим показателям вегетационного периода. Основными агроклиматическими факторами в Казахстане являются показатели влагообеспеченности и теплообеспеченности вегетационного периода.

Зонирование территории по тепло- и влагообеспеченности облегчает решение ряд практических и научных задач в сельском хозяйстве. Например, на их основе можно провести агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур. По агроклиматическим зонам можно распределить сроки проведения агротехнических мероприятий (сев, уборка, обработка почвы и т.д.), распределить показателей неблагоприятных погодных явлений и т.д. Такое распределение дает возможность систематизации их по территории.

В агроклиматических справочниках первых выпусков (1958 г.) в основу агроклиматического районирования были положены ГТК за май–июль и сумма эффективных температур воздуха выше 10°C . При этом границы зон уточнялись по почвенным и геоботаническим картам [4, 5].

В агроклиматических справочниках южных областей второго выпуска (1978 г.) при агроклиматическом районировании были использованы ГТК за период с температурой выше 10°C и сумма активных температур воздуха выше 10°C [26].

В последующем (2006 г.) агроклиматическом районировании территории Казахстана также были использованы ГТК за период с температурой выше 10°C и сумма активных температур воздуха выше 10°C [28].

Нами для агроклиматического зонирования территории областей были использованы коэффициент увлажнения (K) за вегетативно активный период (май–август) и сумма активных температур воздуха выше 10°C . Коэффициент увлажнения K , кроме осадков и температуры теплого периодов, также учитывает и осадки холодного периода.

С помощью ГТК можно оценить атмосферную засуху и засушливость климата. Коэффициент увлажнения K более адекватно характеризует условия увлажнения, нежели

ГТК. Коэффициент К имеет довольно тесную связь с ГТК и со средней областной урожайностью яровой пшеницы. Например, в северных областях Казахстана коэффициент корреляции между урожайностью пшеницы и К колеблется от 0,64 до 0,79, а с ГТК – от 0,63 до 0,74. Связь между К и ГТК характеризуется коэффициентом корреляции 0,97–0,98. Такие показатели дают основание для использования К на практике, для оценки условий увлажнения.

Агроклиматические зоны проводятся по определенным значениям (градациям) термических условий и условий увлажнения.

Для оценки термических условий сумма активных температур воздуха выше 10°C (ΣT_{10}) были взяты шагом через 500°C, в пределах, наблюдаемых на территории Казахстана (таблица 1.9).

Для оценки уровня увлажненности (засушливости) коэффициент увлажнения (К) был взят с шагом 0,2. Равнинная территория Казахстана содержит 6 зон увлажнения (таблица 1.10).

Таблица 1.9 – Критерии оценки термических условий в Казахстане

№	Термическое условие	ΣT_{10} , °C
1	Умеренно теплое	2000–2500
2	Теплое	2500–3000
3	Умеренно жаркое	3000–3500
4	Жаркое	3500–4000
5	Очень жаркое	более 4000

Таблица 1.10 – Критерии оценки увлажненности вегетационного периода по К

№	Степень увлажненности	К
1	Умеренно влажная	1,0–1,2
2	Слабовлажная	0,8–1,0
3	Слабо засушливая	0,6–0,8
4	Умеренно засушливая	0,4–0,6
5	Сильно засушливая	0,2–0,4
6	Сухая	менее 0,2

Анализ распределения средних многолетних значений К и сумм активных температур воздуха выше 10°C позволил нам разделить равнинную территорию северной части Казахстана на 6 агроклиматических зон. При этом зоны с III по VI по термическим условиям подразделяются на подзоны (а) и (б). Названия зон и предельные значения коэффициента увлажнения (К) и сумм температур (ΣT_{10}) приведены в таблице 1.11. При этом названия зон были сохранены, как и в предыдущих справочниках.

Таблица 1.11 – Агроклиматические зоны на равнинной территории Республики Казахстан

№	Название зоны	К	ΣT_{10} , °C
I	Умеренно влажная умеренно теплая	1,0–1,2	2000–2500
II	Слабо влажная умеренно теплая	0,8–1,0	2000–2500
III	а) Слабо засушливая умеренно теплая б) Слабо засушливая теплая	0,6–0,8	2000–2500 2500–3000
IV	а) Умеренно засушливая теплая б) Умеренно засушливая умеренно жаркая	0,4–0,6	2500–3000 3000–3500
V	а) Очень засушливая умеренно жаркая б) Очень засушливая жаркая	0,2–0,4	3000–3500 3500–4000
VI	а) Сухая жаркая б) Сухая очень жаркая	< 0,2	3500–4000 > 4000

1.7 Методика агроклиматического районирования сельскохозяйственных культур

Сельскохозяйственные культуры классифицируются по биологическим и хозяйственным признакам. Подразделяют на зерновые, зернобобовые, крупяные, масличные, технические и овощные культуры, клубнеплоды, корнеплоды, травы и т.д.

Также имеется биоклиматическая классификация культурных растений. Г.Т. Селянинов по эколого-генетическому принципу сельскохозяйственные культуры делит на группы: однолетние с короткими фазами цветения и развития; однолетние с растянутыми фазами цветения и развития; многолетние. Группы, в свою очередь делятся на подгруппы – растения умеренного, субтропического и тропического климата. Далее дифференцируется по уровню начала роста растений, по сумме температур за период активного роста и развития. Есть классификации культурных растений В.Н. Степанова, П.И. Колоскова, А.М. Алпатьева и т.д. Д.И. Шашко была разработана детальная биоклиматическая классификация культурных растений по их реакции на различные условия климата [11, 34].

П.И. Колосковым в работе [1] проведена биоклиматическая классификация сельскохозяйственных культур. По продолжительности вегетационного периода подразделены на 5 классов: А – ультраскороспелые (эфемеры) – менее 85 дней; В – скороспелые – 85-115 дней; С – среднеспелые – 115-145 дней; D – позднеспелые – 145-175 дней; Е – особо позднеспелые – более 175 дней.

По засухоустойчивости и влагопотребности подразделены на 5 групп: I – культуры зоны крайней сухости (ксерофиты); II – культуры, могущие произрастать в засушливой зоне; III – культуры слабо засушливой зоны; IV – культуры умеренно влажной зоны; V – культуры, возделываемые только при искусственном орошении.

По величине транспирационного коэффициента подразделены на 5 родов: 1 – менее 300; 2 – 300-400; 3 – 400-500; 4 – 500-600; 5 – более 600.

По моменту начала вегетации и степени морозоустойчивости выделены на 7 видов: а) – озимые культуры высокой зимостойкости (озимая рожь); б) – озимые культуры средней зимостойкости (озимая пшеница); в) – озимые культуры низкой зимостойкости (озимая ячмень); д) – яровые культуры сверхраннего посева, очень морозоустойчивые; е) – яровые культуры раннего посева (переход через 5°C), довольно морозоустойчивые; ф) – яровые культуры позднего посева (переход через 10°C); г) – яровые культуры сверхпозднего посева (переход через 15°C).

Сегодня в условиях изменения климата является актуальным районирование сельскохозяйственных культур по территории Казахстана в зависимости от обеспеченности их агроклиматическими ресурсами. При возделывании сельскохозяйственных культур необходимо учитывать почвенные, климатические и текущие погодные условия, в соответствии с биологическими требованиями растений.

Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур – это деление территории по признаку соответствия агроклиматических условий потребностям произрастания сельскохозяйственных культур [35]. В результате районирования определяются зоны или территории, где можно возделывать определенную культуру и их сортов по почвенным и климатическим условиям.

Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур по территории может служить научной основой для размещения сельскохозяйственного производства на этой территории.

При агроклиматическом районировании сельскохозяйственных культур учитываются закономерности пространственного распределения следующих агроклиматических показателей:

1. Даты перехода температуры воздуха через 5°C, 10°C, 15°C;
2. Климатические сроки сева сельскохозяйственных культур;
3. Сумма активных температур воздуха выше 5°C, 10°C, 15°C;
4. Суммы осадков за различные периоды года;
5. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы;

6. Коэффициент увлажнения К;
7. Биоклиматический потенциал;
8. Месячные суммы фотосинтетически активной радиации, с мая по сентябрь;
9. Продолжительность безморозкового периода, даты весенних последних и осенних первых заморозков;
10. Средняя минимальная температура воздуха самого холодного месяца;
11. Абсолютная минимальная температура воздуха за год;
12. Высота снежного покрова;
13. Минимальная температура на глубине узла кущения (3 см в почве);
14. Показатель суровости зимы по А.М. Шульгину (Кс).

В агрометеорологии при установлении теплообеспеченности и климатических границ возделывания сельскохозяйственных культур различают суммы климатических и биологических температур. Суммы климатических температур характеризуют общие ресурсы тепла данной территории (выше 5°, 10° и 15°C). Подсчитываются чаще всего в виде сумм среднесуточных (активных) температур воздуха за период с температурой выше 10°C.

Суммы биологических температур характеризуют потребность растений в тепле, под которой понимается сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации данной культуры, от начала роста до созревания (посев–созревание). При этом рост растений может происходить при более низкой, а созревание при более высокой температуре воздуха, называемой биологическим минимумом.

В таблице 1.12 представлена потребность основных культур в тепле, выраженная в биологической сумме температур воздуха для широты 55° с.ш., принятая в настоящее время для практического использования [7, 9, 11, 12, 26, 36].

В таблице приведены биологические суммы температур воздуха, необходимые для прохождения периода от посева до полного созревания (пшеница, ячмень, овес, озимая пшеница и рожь, гречиха, просо, сорго, рис – от посева до восковой спелости). Для ориентации, 55° с.ш. соответствует северной окраине Северо-Казахстанской области. Например, г. Петропавловск расположен на широте 54,5° с.ш., г. Костанай – 53,1° с.ш., г. Павлодар – 52,2° с.ш., г. Уральск – 51,1° с.ш., г. Астана – 51,1° с.ш., г. Актобе – 50,1° с.ш.

При продвижении на юг от 55° с.ш., в связи с фотопериодической реакцией, необходимая сумма температур для растений длинного дня увеличивается, а для растений короткого дня – уменьшается, на 5–25°C за каждые 1° широты. Для растений нейтральных к длине дня необходимая сумма температур не меняется, т.е. поправка на длину дня равна нулю (таблица 1.12).

Таблица 1.12 – Потребность основных культур в тепле за вегетационный период, °C

Культура	Скороспелость сортов	Биологический минимум температуры, °C		Биологическая сумма температур для широты 55° с.ш.	Поправка на длину дня, °C
		начало роста	созревание		
1	2	3	4	5	6
Пшеница (мягкая)	раннеспелые	5	10	1400	20
	среднеспелые		10	1500	20
	позднеспелые		20	1700	25
Пшеница (твердая)	раннеспелые	5	12	1400	15
	среднеспелые			1600	20
	позднеспелые			1700	20
Ячмень	наиболее раннеспелые	5	10	1250	20
	среднеспелые			1350	15
	позднеспелые			1450	15

Культура	Скороспелость сортов	Биологический минимум температуры, °С		Биологическая сумма температур для широты 55° с.ш.	Поправка на длину дня, °С
		начало роста	созревание		
1	2	3	4	5	6
Овес	наиболее раннеспелые среднеспелые позднеспелые	5	10	1250 1450 1550	20
Озимая рожь	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	5	10	1300 1350 1400	30
Озимая пшеница	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	5	10	1400 1450 1500	25
Кукуруза	раннеспелые среднеспелые среднепоздние позднеспелые	10	10	2200 2500 2700 2900	0
Гречиха*	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	7	10	1200 1300 1400	0
Просо	наиболее раннеспелые среднеспелые позднеспелые	10	10	1600 1700 1900	15
Сорго	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	12	12	2400 2500 2900	–10
Рис	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	15	20	2500 (≥15°C) 2820 (≥15°C) 3320 (≥15°C)	0 –12 –12
Фасоль*	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	12	12	1500 1700 1900	0
Горох	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	5	10	1250 1400 1550	10 6 6
Соя	наиболее раннеспелые раннеспелые среднеспелые позднеспелые	10	10	2140 2340 2560 3060	–8 –8 –12 –12
Бобы	Раннеспелые	7	10	1400	0
Чечевица	раннеспелые среднеспелые	5	10	1400 1500	10 6
Чина	раннеспелые среднеспелые	5	10	1500 1700	6
Нут	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	6	12	1400 1500 1600	0
Люпин	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	6	12	1400 1700 2100	12
Рапс яровой	раннеспелые позднеспелые			1800 2100	

Культура	Скороспелость сортов	Биологический минимум температуры, °С		Биологическая сумма температур для широты 55° с.ш.	Поправка на длину дня, °С
		начало роста	созревание		
1	2	3	4	5	6
Подсолнечник	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	8	12	1850 2000 2300	0
Лен масличный	раннеспелые среднеспелые	7	10	1450 1550	6
Лен долгунец	раннеспелые среднеспелые	7	10	1400 1500	6
Огурцы*	раннеспелые среднеспелые позднеспелые			1200 1300 1450	0
Томаты*	раннеспелые среднеспелые позднеспелые			1500 1600 1700	0
Капуста	раннеспелые среднеспелые позднеспелые			1400 1500 1650	0
Картофель	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	10	10	1200 1500 1800	0
Сахарная свекла	раннеспелые среднеспелые позднеспелые			2000 2200 2400	
Хлопчатник*	раннеспелые среднеспелые позднеспелые	12	15	3100 ($\geq 15^{\circ}\text{C}$) 3400 ($\geq 15^{\circ}\text{C}$) 4000 ($\geq 15^{\circ}\text{C}$)	0

Примечание: * – культуры неустойчивые к заморозкам

Соответствие сумм климатических и биологических температур определяет климатические границы возможного возделывания данной культуры и ее сортов.

Посев сельскохозяйственных культур производится при достаточном прогреве почвы и достижении ее мягкопластичного состояния, когда среднесуточная температура воздуха уже переходит через 10°C . Поэтому для определения обеспеченности растений теплом достаточно сравнить биологическую сумму температур с климатической суммой температур, т.е. с суммой активных температур воздуха выше 10°C . При этом для точности ее надо отсчитывать от даты завершения посева культуры.

Для определения возможности возделывания растений по влагообеспеченности (при естественном увлажнении атмосферными осадками) можно использовать коэффициент увлажнения К. Сухое земледелие, т.е. земледелие без орошения можно считать возможным при среднемноголетнем значении $K > 0,50$, характеризующее влагообеспеченность между категориями «недостаточная влагообеспеченность» и «умеренный дефицит влаги». Орошаемое (богарное) земледелие является рискованным при $K = 0,50 - 1,00$.

Анализы показали, что при среднемноголетнем значении $K = 0,50$, на 80% обеспеченность соответствует значению $K \approx 0,40$. Надо отметить, что в условиях $K < 0,40$ наблюдается сильно засушливое условие и устанавливается Дефицит влаги. Соответственно в качестве южной границы сухого земледелия можно использовать изолинию $K(80\%) = 0,40$, или же изолинию среднемноголетнего значения $K = 0,50$, которые находятся близко друг к другу.

Для оценки соответствия ресурсов климата требованиям культур определяются значения климатических показателей различной обеспеченности. Например, 80–90% обеспеченность растений ресурсами климата является достаточной [7]. Соответственно нами

для определения культуры и их сортов, подходящей для возделывания в данной территории, были использованы значения сумм активных температур воздуха выше 10°C соответствующей 90%–ной обеспеченности, а также значение коэффициента увлажнения К соответствующей 80%–ной обеспеченности.

Например, для раннеспелого сорта яровой пшеницы от посева до созревания необходима биологическая сумма температур 1200–1400°C. Соответственно яровую пшеницу можно будет возделывать на территории, где на 80–90% обеспечено 1400°C сумма активных температур выше 10°C и значение коэффициента увлажнения К при обеспеченности 80% составляет более 0,40.

После определения территории (зоны) удовлетворяющей требованиям культуры теплом и влагой, ее границы должны уточняться по другим факторам. Например, распределение на этой территории суммы ФАР, даты весенних и осенних заморозков, продолжительности беззаморозкового периода, биоклиматического потенциала (БКП), типа почвы и т.д. После анализа всех факторов принимается окончательное решение по определению территории (зоны, района), где можно возделывать данную культуру.

Таким образом, при проведении агроклиматического районирования сельскохозяйственных культур необходимо учитывать комплекс агроклиматических показателей. При этом первичным и основным определяющим фактором является теплообеспеченность. Поэтому сельскохозяйственные культуры были сгруппированы по требованию к теплу, т.е. по биологической сумме температур воздуха, необходимой для прохождения вегетации от посева до созревания. Шаг сумм температур для группировки составляет 200°C. Основные виды озимых зерновых, яровых зерновых, зернобобовых, масличных, технических и овощных культур были сгруппированы на 9 групп (таблицы 1.13–1.17).

Таблица 1.13 – Распределение озимых зерновых культур на группы по потребности в тепле

Гр.	$\sum t > 10$	Культура–скороспелость (раннеспелый, среднеспелый, позднеспелый)		
1	1200–1400		Оз. Рожь–р Оз. Рожь–с	Оз. Ячмень–р Оз. Ячмень–с
2	1400–1600	Оз. Пшеница–р Оз. Пшеница–с Оз. Пшеница–п	Оз. Рожь–п	Оз. Ячмень–п

Таблица 1.14 – Распределение яровых зерновых культур на группы по потребности в тепле

Гр.	$\sum t > 10$	Культура–скороспелость (раннеспелый, среднеспелый, позднеспелый)					
1	1200–1400			Ячмень–р Ячмень–с	Овес–р		Гречиха–р Гречиха–с
2	1400–1600	Пшеница (м)–р Пшеница (м)–с	Пшеница (т)–р	Ячмень–п	Овес–с Овес–п		Гречиха–п
3	1600–1800	Пшеница (м)–п	Пшеница (т)–с Пшеница (т)–п			Просо–р Просо–с	
4	1800–2000					Просо–п	
5	2000–2200						
6	2200–2400	Кукуруза–р					
7	2400–2600	Кукуруза–с		Сорго–р Сорго–с			
8	2600–2800	Кукуруза–сп		Сорго–сп			
9	2800–3000	Кукуруза–п		Сорго–п			

Таблица 1.15 – Распределение зернобобовых культур на группы по потребности в тепле

Гр.	$\Sigma t > 10$	Культура–скороспелость (раннеспелый, среднеспелый, позднеспелый)						
1	1200–1400	Горох–р						
2	1400–1600	Горох–с Горох–п	Фасоль–р	Чина–р	Чечевица–р Чечевица–с	Нут–р Нут–с	Люпин–р	Бобы–р
3	1600–1800		Фасоль–с	Чина–с		Нут–п	Люпин–с	
4	1800–2000		Фасоль–п				Люпин–сп	
5	2000–2200	Соя–нр					Люпин–п	
6	2200–2400	Соя–р						
7	2400–2600	Соя–с						
8	2600–2800	Соя–сп						
9	2800–3000	Соя–п						

Таблица 1.16 – Распределение масличных и технических культур на группы по потребности в тепле

Гр.	$\Sigma t > 10$	Культура–скороспелость (раннеспелый, среднеспелый, позднеспелый)			
1	1200–1400				
2	1400–1600		Лён масличный–р Лён масличный–с	Лен долгунец–р Лен долгунец–с	
3	1600–1800				
4	1800–2000	Подсолнечник–р	Рапс–р		
5	2000–2200	Подсолнечник–с	Рапс–п		Сах.свекла–р
6	2200–2400	Подсолнечник–п			Сах.свекла–с
7	2400–2600				Сах.свекла–п

Таблица 1.17 – Распределение овощных культур на группы по потребности в тепле

Гр.	$\Sigma t > 10$	Культура–скороспелость (раннеспелый, среднеспелый, позднеспелый)				
1	1200–1400	Картофель–р		Огурец–р Огурец–с		
2	1400–1600	Картофель–с	Капуста–р Капуста–с	Огурец–п	Томат–р	
3	1600–1800	Картофель–п	Капуста–п		Томат–с Томат–п	

1.8 Методика определения сроков начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур

Сроки сева является одним из решающих факторов, который определяет уровень и качество урожая. Своеобразие климатических условий Казахстана требует особого подхода к выбору оптимальных сроков посева яровых зерновых культур.

Для северных областей республики типичная ранневесенняя засуха, которая иссушает верхний слой почвы, создает опасность получения изреженных всходов, ухудшает условия нормального укоренения пшеницы. Отличительной особенностью зоны является своеобразное выпадение осадков, заключающееся в обильном увлажнении в июле и августе.

Главными критериями определения срока сева яровой пшеницы в данной зоне является:

- обеспечение растений в наиболее критические периоды их развития необходимым количеством влаги;
- температурный режим периода налива и созревания семян.

В агроклиматическом отношении на западе республики наиболее вредны суховеи в июне – начала июля, на севере и северо-востоке – во второй половине июня и июле. Здесь суховеи захватывают ранние зерновые культуры во время цветения и налива зерна.

При средних условиях оптимальными считаются сроки сева яровой пшеницы на Северном Казахстане в период с 15 по 30 мая, а на Западном Казахстане – с 25 апреля по 10 мая. В Северном Казахстане для яровой твердой пшеницы являются оптимальными сроки сева 20–30 мая [37].

Знание сроков сева зерновых культур необходимо для планирования процесса посева, подготовки посевного материала и техники. При отклонении сроков сева от оптимальных ритм метеорологических условий перестает соответствовать биологическим требованиям культуры, что в конечном итоге скажется на урожайности.

Оптимальные сроки начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур совпадают со временем достижения почвы мягкопластичного состояния.

Для расчета сроков достижения почвы мягкопластичного состояния необходимо определиться характеристикой наступления весеннего периода. Ранняя или поздняя весна. Она определяется по данным высоты снежного покрова, глубины промерзания почвы, количества осадков и средней температуры воздуха. Существует тесная зависимость просыхания верхнего слоя почвы до мягкопластичного состояния от температурных условий.

По методике Л.К. Пятовской при аномально ранней весне, в легких почвах дата мягкопластичного состояния почвы рассчитывается по формуле:

$$N_{п} = 87,17 - 1,73t - 0,64t^2 \quad (1.17)$$

где: $N_{п}$ – продолжительность периода от 1 января до даты первого просыхания верхнего слоя почвы до мягкопластичного состояния;

t – средняя температура воздуха за март.

При нормальной и поздней весне в легких (супесчаные) и тяжелых (суглинистые) почвах дата мягкопластичного состояния почвы рассчитывается по формулам:

$$\text{легкие почвы: } N_{п} = 137,90 - 7,18t + 0,32t^2 \quad (1.18)$$

$$\text{тяжелые почвы: } N_{п} = 133,08 - 3,97t + 0,07t^2 \quad (1.19)$$

где: t – средняя температура воздуха за апрель.

Весенние полевые работы и сев на рассматриваемой территории начинается через 4–10 дней после просыхания почвы до мягкопластичного состояния, иногда разрыв составляет 15–20 дней. Выпадение осадков в этот период может помешать проведению полевых работ.

1.9 Методика определения сроков созревания ранних яровых зерновых культур

Скорость роста и развития растений в условиях достаточной влагообеспеченности зависит в основном от температуры воздуха. Чем выше температура (до определенного предела) тем больше скорость роста. А.А. Шиголевым, Л.Н. Бабушкиным и другими учеными были установлены значения сумм эффективных температур воздуха, необходимые для прохождения межфазных периодов развития сельскохозяйственных культур, при условии достаточной влагообеспеченности [9, 12, 20].

Для определения сроков наступления фаз развития яровой пшеницы и ячменя используются суммы эффективных температур воздуха выше 5°C, приведенные в таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Суммы эффективных температур воздуха выше 5°C, необходимые для прохождения межфазных периодов, °C [9, 12]

Культура	Посев – колошение	Колошение – восковая спелость	Посев – восковая спелость
Яровая пшеница	700	490	1190
Яровой ячмень	800	390	1190

Дата наступления фазы развития определяется методом накопления необходимой суммы эффективных температур воздуха выше 5°C. Однако, при высокой дневной температуре воздуха (выше 30°C) или при среднесуточной температуре воздуха выше 20°C, вводится поправка на балластные (тормозящие рост) температуры. Например, при среднесуточной температуре 22°C поправочный коэффициент составляет 0,96, а при 27°C – 0,80.

Недостатком данного подхода является то, что не учитываются иные, не температурные факторы (влажность почвы, влажность воздуха и т.д.). Например, в условиях Казахстана часто складываются недостаточные условия увлажнения и тогда возникает необходимость введения корректировки.

Для определения даты полной спелости от даты восковой спелости или от даты скашивания стеблестоя в валки ведут учет среднесуточных дефицитов влажности воздуха. Используя специальную таблицу, по значениям дефицита влажности воздуха определяется степень высыхания зерна в стеблестое или в валках, и устанавливается дата полной спелости [38, 39].

Также для северной половины Казахстана установлено, что для просыхания хлебов от скашивания (влажность зерна 35–37%) до кондиционной влажности зерна (14–15%) потребуется сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха 40–45 гПа, а для стоящих на корню – около 70 гПа. Этих показателей можно использовать при расчете климатических сроков полной спелости и начала уборки урожая [38].

Полная спелость зерновых культур является показателем начала уборки урожая, т.е. начала прямой уборки или обмолота высохших валков. Соответственно за климатические сроки начала уборки урожая ранних яровых зерновых культур можно брать дату их полного созревания.

1.10 Методика оценки биоклиматического потенциала территории

Впервые понятие о биоклиматическом потенциале (БКП) в научную теорию и практику было введено П.И. Колосковым [40]. По его определению БКП – комплексная величина, характеризующая общую потенциальную продуктивность земли и учитывающая влияние таких основных факторов климата, как температура, влага и свет.

По мнению Д.И. Шашко [41] БКП следует характеризовать комплексом климатических факторов, определяющих возможности сельскохозяйственного производства: набор культур, биологическая продуктивность, эффективность затрат, производственная специализация и др.

С.А. Сапожникова в качестве критерия «сельскохозяйственной продуктивности климата» предложила использовать урожайность зерновых культур [42].

Ф.З. Батталов [43] под сельскохозяйственной продуктивностью климата понимает комплекс метеорологических факторов, положительно влияющих на рост и развитие растений. По его мнению, сельскохозяйственная продуктивность климата может быть оценена для отдельной культуры или группы культур.

Относительные значения биоклиматического потенциала по Д.И. Шашко [41] рассчитываются по формуле:

$$\text{БКП} = K_{P(KY)} \frac{\sum t_{ак}}{\sum t_{ак(баз)}}, \quad (1.20)$$

где БКП – относительные значения биоклиматического потенциала;

$K_{P(KY)}$ – коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения;

$\sum t_{ак}$ – сумма средних суточных температур воздуха за период активной вегетации в данном месте;

$\sum t_{ак(баз)}$ – базисная сумма средних суточных температур воздуха за период активной вегетации.

$K_{p(KY)}$ представляет собой отношение урожайности в данных условиях влагообеспеченности к максимальной урожайности в условиях оптимальной влагообеспеченности.

С.А. Сапожникова [42] предложила характеристику бонитета климата (при естественном увлажнении) рассчитывать по формуле:

$$B_k = \varepsilon \sum T_{>10^{\circ}}, \quad (1.21)$$

где B_k – бонитировочный балл климата, количественно равный условному урожаю яровых зерновых культур при данном сочетании тепла и влаги;

ε – бонитировочный балл увлажнения, количественно равный осредненной урожайности тех же культур (в ц/га), приходящейся на единицу обеспеченного теплом периода ($\sum T=100^{\circ}$) при данном увлажнении;

$\sum T_{>10^{\circ}}$ – сумма температур в сотнях градусов за период со среднесуточной температурой выше 10° .

В федеральном государственном бюджетном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии» (ФГБУ «ВНИИСХМ») коллективом авторов под руководством проф. О.Д. Сиротенко разработан метод оценки агроклиматических ресурсов территории при наблюдаемых и ожидаемых изменениях климата, основанный на количественной теории энергомассобмена и продуктивности агроэкосистем - имитационная система «Климат–Почва–Урожай» [44-50].

Основу системы «Климат–Почва–Урожай» составляют следующие компоненты:

- имитационная динамическая модель «Погода–Урожай»;
- комплекс программ численного анализа (стохастические модели, генерирующие годовой ход метеорологических элементов с учетом корреляционных связей между ними, комплекс программ реализующих построение сценариев изменения климата с суточным разрешением);
- информационная база;
- системное обеспечение.

После задания входной метеорологической и агрометеорологической информации с помощью динамической модели «Погода–Урожай» производится имитация роста и развития посева данной культуры с суточным шагом по времени. В качестве выходных данных используются наиболее значимые интегральные величины: биоклиматический потенциал, урожайность, динамика надземной биомассы, площади листьев, а также суммарные затраты воды на транспирацию, динамика запасов воды в почве (по слоям 0-20, 20-50 и 50-100 см), фенологические даты и другие параметры.

Для реализации имитационного метода оценки биоклиматического потенциала, т.е. для прогона динамической модели формирования урожая, необходима информационная база, включающая следующие показатели:

1. Географическая широта пункта, для которого ведется расчет;
2. Агрогидрологические свойства почвы;
3. Влажность почвы в течение всего вегетационного периода;
4. Агрохимические свойства почвы (содержания щелочно-гидролизуемого азота и нитратов в мг/см² и нитрификационная способность почвы по слоям 0-20, 20-50 и 50-100 см). Указанные величины задаются на дату возобновления вегетации;
5. Фенологическая информация (дата возобновления вегетации, в качестве которой используется дата перехода температуры воздуха через 5°C весной, дата колошения и суммы эффективных для межфазных периодов всходы-колошение и колошение-восковая спелость);

6. Начальная влажность почвы на дату возобновления вегетации в мм по 10-сантиметровым слоям до 1 м;
7. Сроки и дозы внесения удобрения;
8. Метеорологические данные (температура воздуха, дефицит влажности воздуха, число часов солнечного сияния, сумма осадков).

Система позволяет воспроизводить основные особенности формирования урожаев сельскохозяйственных культур. Таким образом, имитационный подход предполагает проводить оценку почвенно-климатических ресурсов (биоклиматического потенциала – БКП) в единицах продуктивности (урожайности).

При наличии полноценных данных система позволяет рассчитать:

- БКП₁ – при естественном увлажнении почвы;
- БКП₂ – при достаточном увлажнении почвы;
- БКП₃ – при достаточном минеральном питании;
- БКП₄ – при сочетании достаточного увлажнения и минерального питания.

Имитационный подход может быть использован как для частного, так и для общего агроклиматического и почвенного районирования.

Основой для модели индикаторной культуры послужила модель «Погода-Урожай» для зерновых культур. При этом изменены значения некоторых констант и упрощены ростовые функции. Принято, что доля ассимилятов, направляемых на рост надземной биомассы, постоянна и составляет 70%, остальные 30% направляются на рост корней. Суммарный урожай сухой биомассы, полученный в результате имитации, представляет собой искомую оценку биоклиматического потенциала.

2. ФИЗИКО–ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Павлодарская область расположена в северо-восточной части Казахстана. На севере граничит с тремя областями Российской Федерации (Омская, Новосибирская, Алтайский край), на юге – с Восточно-Казахстанской и Карагандинской областями, на западе – с Акмолинской и Северо-Казахстанской областями. Площадь территории области составляет 124,8 тыс. км². Протяженность территории области с севера на юг составляет около 500 км, а с запада на восток – более 400 км.

В состав Павлодарской области входят 10 административных районов, областной центр – г. Павлодар. Также имеются 3 города, 7 посёлков, 165 сельских (аульных) округов и 408 сел (таблица 2.1, рисунок 2.1) [51-52].

Таблица 2.1 – Административное деление Павлодарской области [52]

Район	Районный центр	Площадь, тыс. км ²
Павлодар г.а.	г. Павлодар	
Аксу г.а.	г. Аксу	8,08
Екибастуз г.а.	г. Екибастуз	18,8
Актогайский	а. Актогай	9,8
Баянауылский	а. Баянауыл	18,7
Железинский	с. Железинка	7,7
Ертисский	а. Ертис	10,2
Кашырский	а. Теренколь	6,8
Лебяжинский	а. Акку	8,1
Майский	а. Коктобе	18,1
Павлодарский	г. Павлодар	6,1
Успенский	с. Успенка	5,5
Шарбақтынский	а. Шарбақты	6,9

Рельеф и геологическое строение

На территории Павлодарской области выделяются лесостепная, степная и сухостепная природные зоны.

На рисунке 2.2 представлена физико-географическая карта Павлодарской области. Рельеф поверхности территории области по своему происхождению и строению подразделяется на две ясно выраженные части: северо-восточную и юго-западную.

Северо-восточную часть области занимает равнина Кулынды. Рельеф равнины представлен с глубокими и многочисленными озерными котловинами, пологими холмами и гривами. На севере и северо-востоке располагается Приертисская равнина, которая является южной оконечностью Западно-Сибирской низменности. Это пологоступенчатая равнина, рассеченная на две почти равные части долиной Ертис (высотой от 110 м до 200 м над уровнем моря).

На территорию северо-восточной части области заходит Барабинская равнина, а восточной и юго-восточной части - равнина Кулынды. Абсолютные высоты этих степей колеблется в пределах 100-130 м. Поверхность правобережья характеризуется чередованием параллельных друг другу увалов и ложбин, направленных в сторону современного русла Ертис.

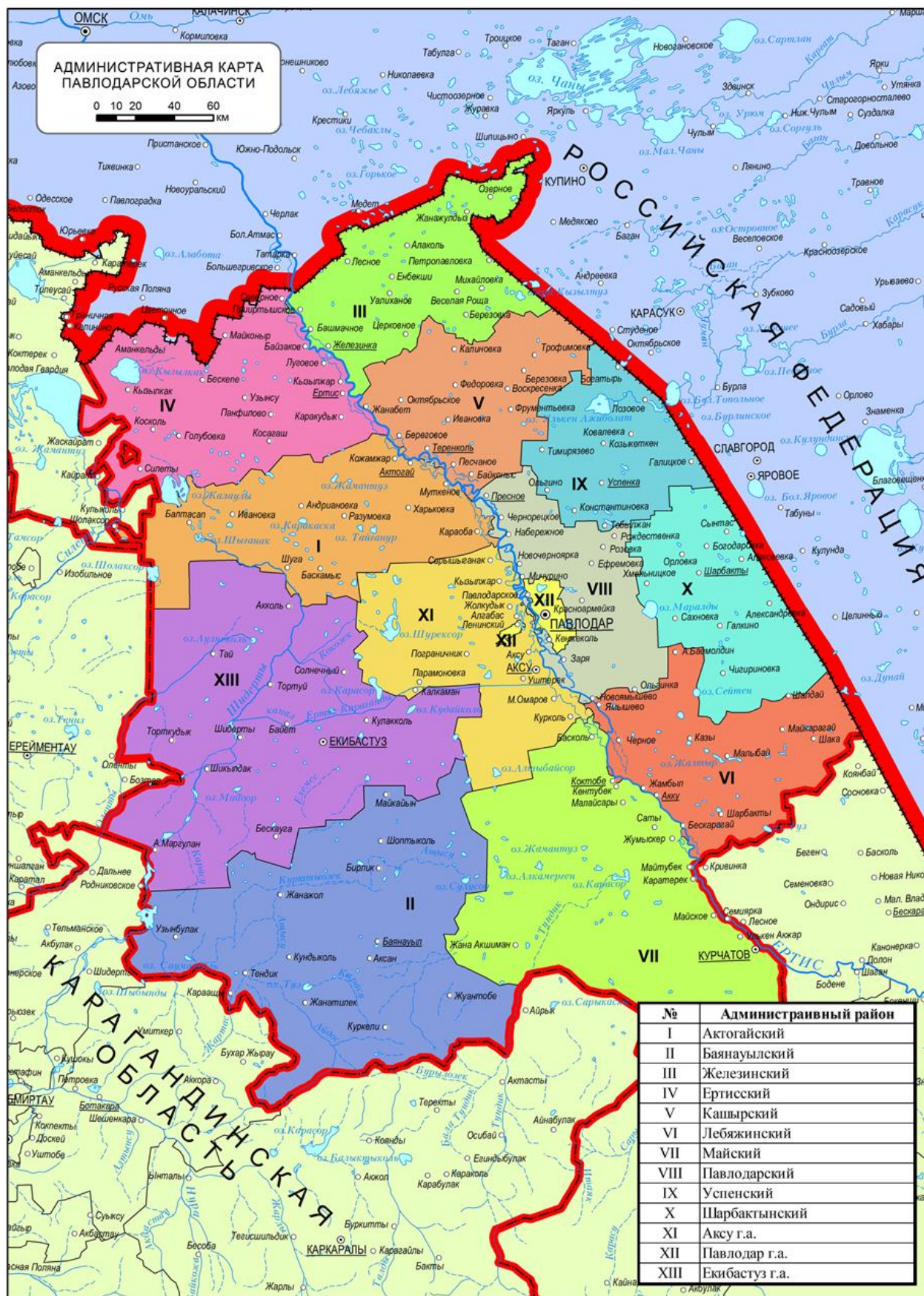


Рисунок 2.1 – Административно–территориальное деление Павлодарской области

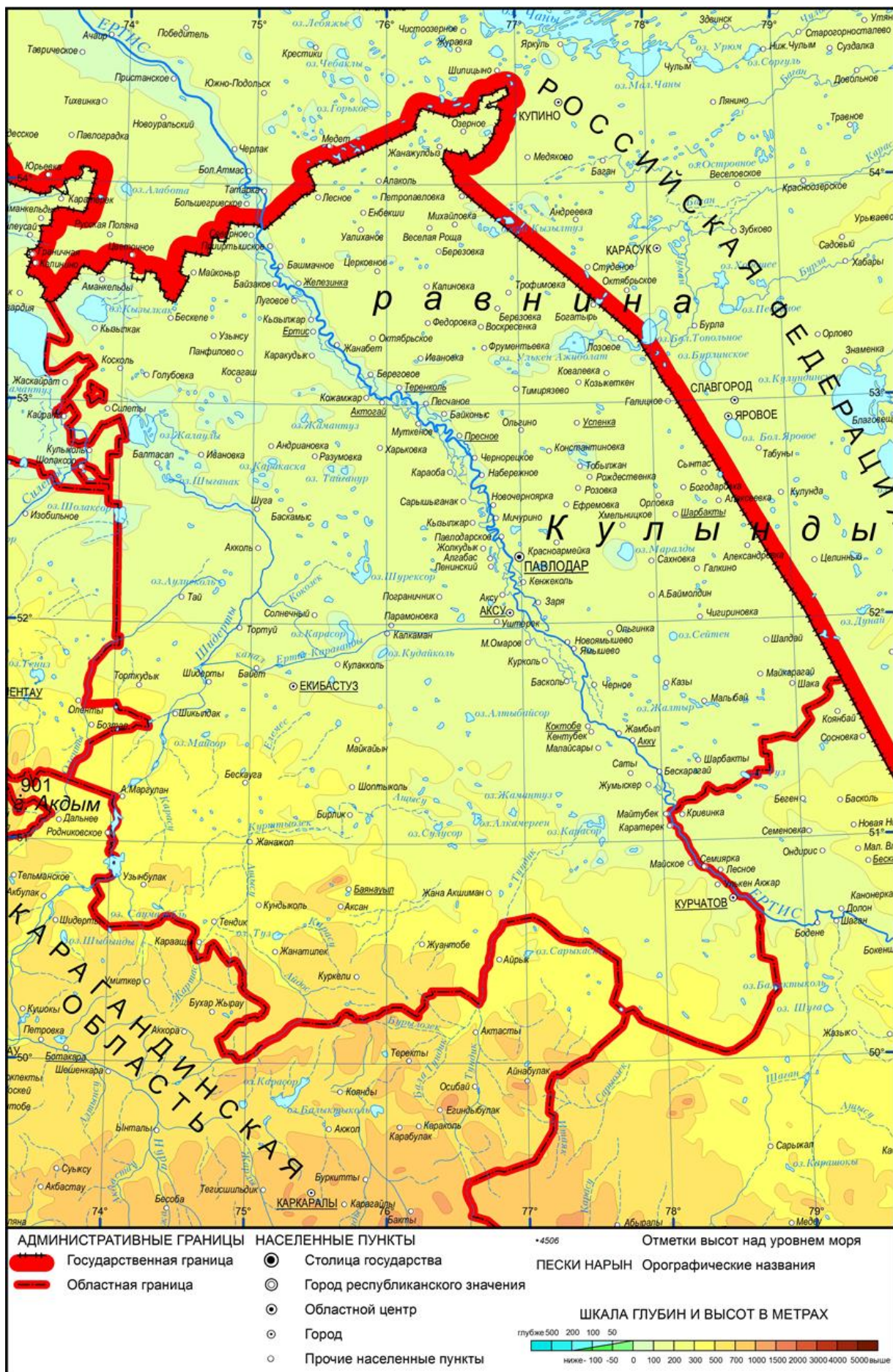


Рисунок 2.2 – Физико-географическая карта Павлодарской области

Южная и юго-западная части территории области (Баянаульский, Майский и часть сельской зоны города Екибастуз) находятся в северо-восточной части Сарыарки, который представляет собой разрушенную древнюю складчатую страну, возвышающуюся над уровнем моря от 200-250 до 300-350 метров. В морфометрическом отношении рельефа абсолютные высоты его колеблются от 400 до 700 метров, относительные - от 20 до 150 метров.

По характеру рельефа Н.Г. Кассин разделяет правобережье Ертис на северную часть, отличающуюся развитием гряд северо-восточного простирания с залегающими между ними цепочками озер, и юго-восточную часть с реликтами древнедунного ландшафта [53]. Происхождение такого рода «направленного рельефа» объясняется изменением направления древнего стока талых вод из ледников Алтая.

Современный морфологический облик рельефа исследуемого региона определен своеобразными геологическими и геоморфологическими процессами в условиях проявления четвертичных отложений мезо-кайнозойского возраста. Поэтому в строении современного рельефа участвуют палеоген-неогеновые и четвертичные озерные, аллювиально-дельтовые пески, песчаники, супеси, суглинки, песчано-гравийные осадки [54].

Таким образом, основными генетическими типами рельефа являются озёрно-аллювиальные и аллювиальные равнины. Крупным элементом рельефа является долина р. Ертис среднего течения. На правобережье р. Ертис в южной части в результате переведения аллювия и озерных осадков сформировались эоловые равнины.

Геологическое строение территории исследуемой области сложно и разнообразно. Древние палеозойские породы выступают на поверхность главным образом в юго-западной части области - на окраине Центрально-Казахстанского мелкосопочника, представляющего собою пенепленизированную страну, которая претерпела сложную геологическую историю. Неоднократные процессы складкообразования, сопровождающиеся интенсивной вулканической деятельностью, сменялись здесь трансгрессией и регрессией моря [55]. Длительный континентальный период мезозоя создал благоприятные условия для развития процессов денудации и накопления в связи с этим толщи коры выветривания. Рыхлые накопления кайнозоя в этой части области ограничены. Наибольшие площади их развития приурочены к Приертисской равнине, где они совместно с отложениями мезозоя покрывают древний палеозойский фундамент.

Рыхлые отложения четвертичного времени занимают большую часть территории Приертисской равнины. Незначительные накопления их имеются и в пределах мелкосопочника. В составе их преобладают пески, суглинки, галечники, представляющие собою строительный материал.

На территории области широко распространены рыхлые отложения континентального происхождения. Четвертичные отложения разделяются на аллювиальные, озерно-аллювиальные, озерные, покровные, эолово-делювиальные и делювиальные. Аллювиальные отложения, представленные песками, супесями и легкими суглинками, имеют наибольшее распространение на правобережной части территории области. Здесь выделяется район Кулундинской свиты, отложения которой образовывались в результате вековых блужданий речной сети. Мощность этих отложений колеблется от 8 до 10 м и более. Другим районом распространения аллювиальных отложений являются террасы р. Ертис. В пределах третьей террасы эти отложения выделяются только на левобережье. Аллювиальные отложения второй надпойменной террасы Ертис также распространены в основном на левом берегу. Отложения первой террасы прослеживаются вдоль обоих берегов Ертис неширокой полосой, благодаря смыву крутых берегов Ертис.

Гидрография

По территории области водные ресурсы распределены неравномерно. Наиболее крупными поверхностными водоисточниками являются р. Ертис, со среднегодовым многолетним расходом 800-900 м³/сек и канал имени Каныша Сатпаева, с

производительностью 75 м³/сек. Они широко используются для водоснабжения крупнейших промышленных и сельскохозяйственных предприятий Астаны, Караганды и Темиртау.

Единственной водной артерией, пересекающей ее территорию юго-востока на северо-запад на протяжении более 500 км является р. Ертис.

Для исследуемого региона характерно обилие озер и малое число рек. По гидрологической классификации Павлодарская область относится к региону со значительными водными ресурсами, так как суммарные ресурсы поверхностных вод составляют 29,25 км³/год (23,3% поверхностных вод водных ресурсов Республики Казахстан), а подземных вод - 4,26 км³/год.

В регионе 22 насосные станции поднимают воду Ертиса на высоту 418 м. Головная насосная станция расположена в с. Беловка в 9 км от г. Аксу. Водозабор воды в канал ведется из протоки Ертис-Аксу, где имеет 11 гидроузлов и 17 гидрологических мостов. По расчетам гидрологов, пропускная способность составляет 75 м³/с. Расход воды в канале варьируется от 45 м³/с в холодный период до 95 м³/с в вегетационный период [56].

Из 130 малых рек и временных водотоков исследуемого региона большее значение имеет Шидерты, Оленты, Селеты, Ащису, Тундык, Карасу, которые характеризуются кратковременным весенним стоком с расходом до 0,1-0,5 м³/с. Минерализация воды рек увеличивается от 0,5-0,8 г/л - в весенне-летний период, до 1,0-3,0 г/л и более - в зимний.

В Казахском мелкосопочнике начинаются реки Шидерты (длина 502 км, в пределах области 99 км), Оленты (273 км, в области 79 км), Ащису (276 км), Тундык (318 км), Еспе (33 км) и др., заканчиваются в бессточных озерах. Главным источником питания этих рек служат талые воды. Все они весной, в период таяния снегов, многоводны, летом же пересыхают или разбиваются на плесы (Карасу) и осолоняются.

Многие озера располагаются здесь в древних ложбинах стока. На левобережье области Е.В. Лосохов (1955) выделяет две такие ложбины стока с серией сообщающихся и замкнутых озер, вытянутых параллельно Ертис. Одна ложбина находится в 25-30 км к западу от долины р. Ертис. К ней относятся озера Большой и Малый Калкаман, Кенетуз, Сетюбай, Еспетуз и другие. Другая ложбина, относящаяся, на 50-70 км к Западу от р. Ертис, включает озера Карасор, Кокурум, Акшасор, Алтыбайсор, Жамантуз, Кудайколь и др.

В настоящее время во всех долинах рек исследуемого региона развиты эрозионные процессы, которые ускоряют последствия техногенеза. Помимо этого, следует отметить отрицательное влияние отраслей цветной и черной металлургии, горнодобывающей промышленности на гидрохимический режим рек, в целом, на весь природный потенциал региона.

Растительный покров и животный мир

В области растительный покров носит комплексный характер. Крайний север области относится к зоне лесостепи. Здесь развиты разнотравно-типчаково-ковыльные степи на южных черноземах. Южнее лесостепи развиты ковыльно-типчаковые степи с бедным сухолюбивым разнотравьем на слабозасоленных темно-каштановых почвах. В травостое преобладают дерновинные злаки. После цветения злаков степь быстро выгорает. Широкие бессточные понижения в степи (западины, ложбины, котловины) заняты разнообразными лугами с преобладанием пырейного травостоя и березовыми колками на луговых черноземах и солодах [4].

На юго-востоке области в пределы этих степей заходят массивы сосновых ленточных боров. Почти на всей площади Приертисской равнинной степи характерны азональные комплексы разнотравно-злаковых и солончаковых лугов приозерных низин и долин рек, а также полынные и солянки на солонцах и солончаках. Пойма р. Ертис занята лугами и пойменными лесами, состоящими из осины, ветлы, тополя с подлеском из крушины, ежевики, смородины. Луговые угодья используются как выгоны и сенокосы. На большей части правобережья р. Ертис на темно-каштановых супесчаных почвах простираются типчаково-ковыльные степи [4].

В пределах мелкосопочника ковыльно-типчаковые степи. Наиболее продуктивны склоны северных экспозиций, менее - южные. В долинах рек и лощинах мелкосопочника местами встречаются березовые рощи и кустарниковые (таволга, карагач, шиповник) заросли, а на склонах Баянауылских гор произрастают типичные сосновые боры.

Сосновые леса на гранитных массивах Баянауылских гор издавна славятся своей живописностью. Их образует особая форма сосны и перемешана береза. В этих реликтовых борах до сих пор сохранились небольшие болота со сфагнумами, которых совершенно нет в других районах Казахстана. Во флоре Баянауылских низкогорий насчитывает 474 вида сосудистых растений. Всего здесь обнаружено 51 вид бореальных реликтов. Флора района разнообразна: произрастают более 270 видов деревьев, кустарников и травянистых растений. На солончаках растительный покров большей частью состоит из чия, тростника, солероса, солончаковатого подорожника, полыни, люцерны. Средняя высота травостоя составляет 15-30 см. Основными лесообразующими породами являются сосна обыкновенная, береза, осина, можжевельник, боярышник алтайский, черёмуха обыкновенная, калина обыкновенная, рябина сибирская, малина.

В целом для растительности рассматриваемой области характерна значительная комплексность, связанная с большой комплексностью почвенного покрова, уровнем залегания и качеством грунтовых вод, продолжительностью затопления талыми водами, пестротой микро- и мезорельефа, различной степенью засушливости климата, а в пределах Казахского мелкосопочника - и с ориентацией склонов.

По данным Управления статистики Павлодарской области на 1 января 2016 года в области земли лесного фонда составляют 615,9 тыс. га, в том числе земли лесного фонда - 337,2 тыс. га, земли покрытые лесом - 278,7 тыс. га [51].

Животный мир исследуемого региона разнообразен и представлен большим числом млекопитающих, птиц и рыб. В области встречается 55 видов млекопитающих. Самым крупным из них является лось, который довольно часто попадает в некоторых глухих участках поймы. Довольно часто можно видеть грациозных косуль. Также много в пойме зайцев (беяк и русак), барсуков, лисиц и корсака. Из более мелких млекопитающих можно назвать ласку и горностая. Очень много водяной крысы, хорька. Есть ондатра, еж ушастый, суслики, полевки, песчанки, хомячки и т.д. [57].

3. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Совокупность климатических факторов, создающие возможность получения сельскохозяйственной продукции, называется агроклиматическими ресурсами. Количественные характеристики элементов климата, их сочетания и соотношения, влияющие на урожай и качество сельскохозяйственной продукции, называют агроклиматическими показателями [7].

Учет агроклиматических условий позволяет определить соответствие климата конкретного района требованиям сельскохозяйственного производства.

Агроклиматические ресурсы территории характеризуются показателями ресурсов солнечной радиации, показателями термического режима и режима увлажнения вегетационного периода.

На территории Павлодарской области действуют 17 метеорологических станции (МС) и 7 агрометеорологических постов (АМП) РГП «Казгидромет» МЭ РК (рисунок 3.1). Для характеристики климатических условий области были использованы данные 15 метеорологических станций, имеющих непрерывный многолетний ряд наблюдений: Михайловка, Федоровка, Ертис, Лозовое, Голубовка, Актогай, Успенка, Жолболды, Шарбакты, Красноармейка, Павлодар, Шалдай, Екибастуз, Коктобе, Баянауыл.

Надо отметить, что по требованию Всемирной метеорологической организации (ВМО) для характеристики климата необходим многолетний ряд наблюдений, с продолжительностью не менее 30 лет. Соответственно для определения современных климатических условий нами были использованы метеорологические данные более чем за 30 лет, в основном за 1981–2016 годы. Также были использованы данные, приведенные в справочниках по климату Казахстана, подготовленные в РГП «Казгидромет» в период с 2003 по 2010 годы, в том числе разделов «Температура воздуха», «Атмосферные осадки», «Атмосферные явления», «Снежный покров», «Солнечное сияние» и «Температурный режим почвы».

Для характеристики климата нами были анализированы режимы солнечной радиации, температуры воздуха, влажности воздуха, атмосферных осадков, снежного покрова и ветра, а также климатические сезоны года и континентальность климата.

3.1 Агроклиматические зоны

В основу агроклиматического зонирования была положена тепло- и влагообеспеченность территории, т.е. коэффициент увлажнения (К) за вегетативно активный период (май–август) и сумма активных температур воздуха выше 10°C, осредненные за многолетний период.

Анализ распределения по территории Павлодарской области значений К и сумм активных температур воздуха выше 10°C, позволил выделить на территории области 2 агроклиматических зон. При этом зона III по термическим условиям подразделяется на два: (а) и (б). Названия зон и предельные значения К и сумм температур приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Агроклиматические зоны на территории Павлодарской области

№ зоны	Название зоны	К	$\Sigma T_{10}, ^\circ\text{C}$
II	Слабовлажная умеренно теплая	0,8-1,0	2200-2400 2100-2500
	- в северной части - в юго-западной части		
III-а	Слабо засушливая умеренно теплая	0,6-0,8	2400-2500
III-б	Слабо засушливая теплая	0,6-0,8	2400-2700

На рисунке 3.2 представлена карта агроклиматического зонирования Павлодарской области.



Рисунок 3.1 – Метеорологические станции Павлодарской области



Рисунок 3.2 – Агроклиматическое зонирование территории Павлодарской области

Зона II – «Слабовлажная умеренно теплая» занимает северную окраину области (Михайловка, Железинка, Голубовка), а также юго-западную окраину области, граничащей с Акмолинской и Карагандинской областями. Зона характеризуется коэффициентом увлажнения $K = 0,8-1,0$ и суммой температур выше 10°C в пределах $2100-2400^{\circ}\text{C}$.

Зона III-а – «Слабо засушливая умеренно теплая» занимает центральную часть области, характеризуется значением $K = 0,6-0,8$ и суммой температур выше 10°C в пределах $2400-2500^{\circ}\text{C}$. Зона III-а плавно переходит в зону III-б.

Зона III-б – «Слабо засушливая теплая» занимает юго-восточную часть области, характеризуется значением $K = 0,6-0,8$ и суммой температур выше 10°C в пределах $2400-2700^{\circ}\text{C}$.

В таблице 3.2 приведена принадлежность административных районов Павлодарской области к той или иной агроклиматической зоне.

Таблица 3.2 – Принадлежность административных районов к агроклиматическим зонам

Агроклиматические зоны	Административный район (районный центр)
II. Слабо влажная умеренно- теплая	В северной части области: – Железинский район (с. Железинка); – северо-восточная часть Ертисского района (п. Ертис); В юго-западной части области: – юго-западная окраина территории г. а. Екибастуз; – Баянауылский район, за исключением его северо-восточной части (п. Баянауыл).
III-а. Слабо засушливая умеренно теплая	Северная половина центральной части области: – Кашырский район (с. Теренколь); – юго-восточная часть Ертисского района (п. Ертис); – Актогайский район (с. Актогай); – Успенский район (с. Успенка);
III-б. Слабо засушливо теплая	Южная половина центральной части и юго-восточная часть: – Шербактинский район (а. Шербакты); – Павлодарский район (г. Павлодар) и территория г. а. Павлодар; – территория г. а. Аксу; – северо-восточная половина территории г. а. Екибастуз; – Лебяжинский район (а. Акку); – Майский район, кроме крайнего юго-запада (а. Коктобе); – северо-восточная часть Баянауылского района (п. Баянауыл).

3.2 Ресурсы солнечной радиации

Для количественной оценки солнечного излучения используются два показателя:

1) Плотность потока (интенсивность, мощность) радиации – количество лучистой энергии, падающей на единицу площади в единицу времени. Ее основной единицей измерения является кВт/м^2 (или кДж/м^2). Количество лучистой энергии Солнца, падающей на верхней границе атмосферы на единицу площади, перпендикулярной к солнечным лучам, при среднем расстоянии Земли и Солнца называют солнечной постоянной (S_0). Принято считать $S_0 = 1,367 \text{ кВт/м}^2$, с ошибкой $\pm 0,3\%$ [58].

2) Сумма (доза) радиации – количество радиации, приходящей на единицу площади соответственно ориентированной поверхности за время действия облучения (час, день, месяц, год). Она в основном измеряется в МДж/м^2 .

Солнечная радиация, проходя через атмосферу Земли ослабевает. Интенсивность прямой солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, зависит от высоты солнца над горизонтом, прозрачности воздуха, облачности и высоты места над уровнем моря. Из-за поглощения солнечной радиации атмосферой, максимальное значение интенсивности прямой солнечной радиации на уровне моря считается равным $S_{\text{ум}} \approx 1,02$ кВт/м². С возрастанием высоты уменьшается мощность атмосферы и увеличивается её прозрачность вследствие уменьшения водяного пара и пыли. Поэтому интенсивность прямой солнечной радиации с увеличением высоты растёт и стремится к своему предельному значению – 1,367 кВт/м².

Основной составляющей радиационного баланса и его наиболее консервативной характеристикой является суммарная солнечная радиация, которая состоит из прямой и рассеянной радиации ($Q = S' + D$).

На территории Павлодарской области измерение интенсивности солнечной радиации не проводится. Поэтому для их характеристики были использованы данные МС соседних регионов. Для характеристики солнечного излучения на севере Павлодарской области были использованы данные МС Благовещенка Алтайского края (Россия) [59], на юге области - МС Астана Акмолинской области [60].

Годовая сумма суммарной солнечной радиации (ΣQ) по территории Павлодарской области колеблется в пределах 6371-6545 МДж/м² при ясном небе и в пределах 4785-5036 МДж/м² при средних условиях облачности (таблица 3.3). При таком раскладе фактически на земную поверхность поступает около 75% от возможной суммарной радиации. Месячные суммы суммарной радиации при ясном небе колеблются от 148-161 МДж/м² в декабре до 928-937 МДж/м² в июне.

Таблица 3.3 – Месячная и годовая сумма суммарной радиации при ясном небе ($\Sigma Q_{\text{я}}$) и при средних условиях облачности ($\Sigma Q_{\text{со}}$), МДж/м² [59, 60]

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
север области (МС Благовещенка Алтайский край)													
$\Sigma Q_{\text{я}}$	178	282	512	685	874	937	902	757	532	363	188	161	6371
$\Sigma Q_{\text{со}}$	118	216	410	523	667	728	712	571	410	215	123	92	4785
юг области (МС Астана)													
$\Sigma Q_{\text{я}}$	183	296	547	706	893	928	920	764	556	397	208	148	6545
$\Sigma Q_{\text{со}}$	144	248	423	526	697	759	724	596	431	239	138	111	5036

На территории Павлодарской области продолжительность солнечного сияния измеряется на МС Павлодар, расположенной в центральной части области. Так как продолжительность солнечного сияния зависит от режима облачности, не можем использовать данные МС Благовещенка и Астана.

В среднемноголетнем по территории области годовое количество часов с солнечным сиянием (SS) составляет 2471 часов, т.е. в среднем за год солнце сияет в течение 7,5 часов в сутки (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Продолжительность солнечного освещения на МС Павлодар

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Суммарное солнечное сияние (SS), час	100	129	189	241	309	338	326	289	220	148	97	86	2471
Солнечное сияние за день, час	4,5	5,6	7,1	8,6	10,3	11,4	10,6	9,6	7,8	5,7	4,5	4,0	7,5
Число дней без солнца, дни	9	5	4	2	1	0	0	1	2	5	8	10	48

Самыми солнечными месяцами являются май, июнь и июль, когда в среднем солнце сияет более 10 часов. К зиме продолжительность солнечного сияния сокращается, достигая минимума 4 часов в сутки в декабре. Солнце сияет более 7 часов в сутки на территории области 7 месяцев подряд, с марта по сентябрь.

В течение года число дней без солнца растет от лета к зиме и их количество за год составляет 48 часов. В среднем почти все дни 3 летних месяцев бывают солнечными. Количество дней без солнца более 10 дней за месяц наблюдается в декабре.

Энергия солнечной радиации может быть использована для получения электрической и тепловой энергии. Для получения электрической энергии солнечная радиация считается «технически приемлемой» с того момента, когда ее интенсивность достигает 0,60 кВт/м² [10]. Согласно приведенным данным в таблице 3.5, поступающая солнечная радиация является технически приемлемой для получения электрической энергии при средних условиях облачности с середины апреля до середины августа, а при условии ясного неба - с марта по сентябрь.

Таблица 3.5 – Интенсивность суммарной солнечной радиации при ясном небе (Q_я) и при средних условиях облачности (Q_{со}) в полуденное время, кВт/м² [59, 60]

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
север области (МС Благовещенка Алтайский край)												
Q _я	0,30	0,46	0,65	0,77	0,87	0,90	0,87	0,79	0,64	0,49	0,32	0,30
Q _{со}	0,22	0,37	0,53	0,60	0,67	0,72	0,69	0,61	0,49	0,30	0,21	0,17
юг области (МС Астана)												
Q _я	0,32	0,49	0,69	0,81	0,89	0,92	0,90	0,81	0,68	0,53	0,35	0,27
Q _{со}	0,25	0,42	0,55	0,61	0,67	0,72	0,68	0,62	0,51	0,31	0,23	0,20

Солнечная радиация обеспечивает растения энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества, влияет на процессы роста и развития, на расположение и строение листьев, на химический состав продукции. На растение влияет продолжительность, интенсивность и спектральный состав солнечной радиации.

Оценка световых ресурсов вегетационного периода обычно проводится по распределению суммы ФАР по территории области. Для расчета суммы ФАР используется уравнение, предложенное Б.И. Гуляевым, Х.Г. Тоомингом и Н.А. Ефимовой [9].

По месячным суммам прямой и рассеянной солнечной радиации на горизонтальную поверхность были рассчитаны месячные суммы ФАР при ясном небе ($\sum Q_{Ф(я)}$) и при средних условиях облачности ($\sum Q_{Ф(со)}$). Для характеристики ФАР в южной части области использовались данные МС Благовещенка Алтайского края (Россия), а для северной части области – МС Астана [59, 60].

Как видно из таблицы 3.6 месячные суммы ФАР при средней облачности в вегетативно активный период (май - август) составляет 279-350 МДж/(м²·мес) на севере области, 288-365 МДж/(м²·мес) на юге области. Максимальное значение ФАР наблюдается в июне. В сентябре, в период полного созревания и уборки зерновых культур ФАР при естественных условиях составляет на севере области 199 МДж/(м²·мес), на юге - 209 МДж/(м²·мес).

Таблица 3.6 – Среднегодовое месячные суммы ФАР, МДж/(м²·мес)

Показатель	V	VI	VII	VIII	IX
север области (МС Благовещенка Алтайский край)					
$\sum Q_{Ф(я)}$	401	425	412	345	244
$\sum Q_{Ф(со)}$	324	350	343	279	199
юг области (МС Астана)					
$\sum Q_{Ф(я)}$	408	420	418	349	255
$\sum Q_{Ф(со)}$	337	365	350	288	209

ФАР при ясном небе характеризует ее максимально возможное значение. ФАР при ясном небе в июне достигает на севере области 425 МДж/(м²·мес), на юге - 420 МДж/(м²·мес). Указанные значения ФАР являются достаточными для роста и развития сельскохозяйственных культур.

При оценке воздействия солнечной энергии на растения также учитываются длина светового дня и продолжительность солнечного сияния.

Павлодарская область находится в пределах 50,0-54,4° северной широты. В период активной вегетации растений (май-август) длина светового дня на севере Павлодарской области составляет 15-17 часов, а на юге – 14,5-16,5 часов (таблица 3.7). Соответственно, территория области подходит для роста и развития растений длинного дня.

Таблица 3.7 – Длина светового дня, час

Широта	01.V	15.V	01.VI	15.VI	01.VII	15.VII	01.VIII	15.VIII
54°	15:05	15:56	16:45	17:06	17:04	16:39	15:48	14:56
50°	14:39	15:23	16:03	16:20	16:18	15:58	15:16	14:32

Ист.: <http://planetcalc.com/300/>

Для характеристики продолжительности солнечного сияния в вегетационный период были использованы данные МС Павлодар. С мая по август месяцы в среднем за месяц солнце сияет в течение 9,6 – 11,4 часов в сутки. При этом в среднем за месяц 1 день бывает без солнца (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Продолжительность солнечного сияния (по гелиографу), час

Показатель	V	VI	VII	VIII
Солнечное сияние за день, час	10,3	11,4	10,6	9,6
Число дней без солнца, сутки	1	0	0	1

Таким образом, в Павлодарской области ресурсы солнечной радиации достаточны для оптимальной жизнедеятельности сельскохозяйственных культур и больше подходит для растений длинного дня.

3.3 Ресурсы тепла

Основными показателями ресурсов тепла в агрометеорологии являются:

1. Средние и экстремальные значения месячных температур воздуха июля и января;
2. Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5°, 10°, 15°C;
3. Продолжительность вегетационного периода с температурой воздуха выше 5°, 10°, 15°C;
4. Сумма активных температур воздуха выше 5°, 10°, 15°C.

3.3.1 Режим температуры воздуха

Средняя температура воздуха

Для территории Павлодарской области в целом свойственно широтное распределение температуры воздуха. Средняя годовая температура воздуха по территории области меняется с севера на юг от 2,3°C до 3,9°C. Среднемесячная температура воздуха достигает наибольшего значения в июле, а наименьшего – в январе.

В области лето теплое, а зима холодная. Средняя за июль температура воздуха растет с севера на юг от 20,3 до 21,9°C, а средняя за январь – уменьшается с севера на юг от минус 17,4 до минус 12,8°C (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Михайловка	-17,2	-16,1	-8,3	4,3	13,0	18,9	20,5	17,9	11,3	3,7	-6,8	-13,9	2,3
Федоровка	-17,4	-16,4	-8,6	4,7	13,2	19,1	20,8	18,2	11,5	3,7	-7,0	-14,2	2,3
Ертис	-16,9	-15,9	-7,9	5,1	13,7	19,5	21,1	18,5	11,8	4,1	-6,6	-13,8	2,7
Лозовое	-17,3	-16,3	-8,6	4,6	13,3	19,2	20,9	18,3	11,6	3,8	-6,8	-14,0	2,4
Голубовка	-17,0	-16,1	-8,4	4,9	13,3	19,4	21,0	18,5	11,8	4,0	-6,7	-13,9	2,6
Актогай	-17,1	-16,2	-8,3	5,1	13,7	19,6	21,2	18,7	12,0	4,1	-6,6	-13,9	2,7
Успенка	-16,7	-15,7	-7,9	5,3	13,8	19,7	21,3	18,8	12,1	4,2	-6,4	-13,5	2,9
Жолболды	-16,7	-16,0	-8,3	5,2	13,6	19,7	21,3	18,8	12,1	4,2	-6,4	-13,5	2,8
Шарбакты	-16,8	-15,6	-8,0	5,4	13,9	19,8	21,5	19,0	12,2	4,2	-6,3	-13,5	3,0
Красноармейка	-16,1	-15,1	-7,0	6,1	14,3	20,2	21,9	19,4	12,6	4,6	-5,9	-13,0	3,5
Павлодар	-16,3	-15,3	-6,9	6,0	14,0	19,8	21,5	19,0	12,2	4,3	-6,0	-13,1	3,3
Шалдай	-15,9	-14,8	-7,0	5,7	13,9	19,8	21,5	19,0	12,1	4,2	-6,0	-12,9	3,3
Екибастуз	-14,4	-14,0	-6,0	6,3	14,1	20,0	21,4	19,3	12,7	4,9	-5,2	-11,6	3,9
Коктобе	-15,7	-14,9	-6,8	6,6	14,6	20,3	21,9	19,6	13,0	5,1	-5,3	-12,4	3,8
Баянауыл	-12,8	-12,6	-5,6	5,6	13,3	18,9	20,3	18,4	12,1	4,6	-4,8	-10,3	3,9

На рисунке 3.3 представлен годовой ход температуры воздуха в северной, центральной и южной частях области. Средняя месячная температура воздуха в течение года колеблется от минус 17°С до 22°С. Температурная разница между регионами области не большая в теплый период года, а зимой она возрастает (рисунок 3.3).

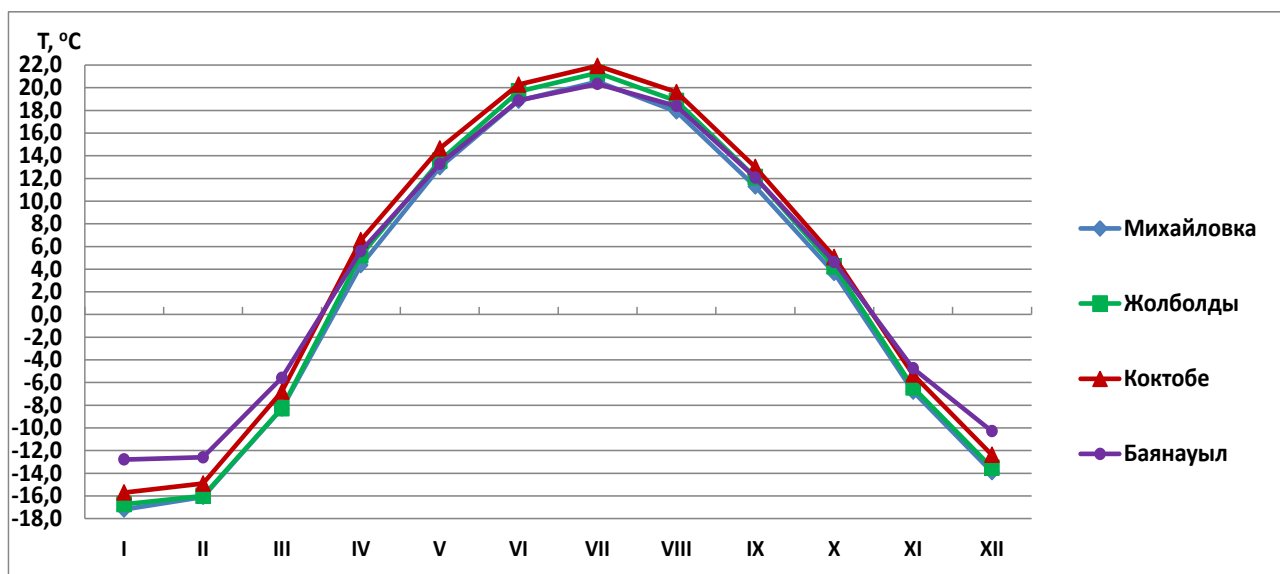


Рисунок 3.3 – Годовой ход средних месячных температур воздуха

Статистический анализ средней за лето и средней за зиму температуры воздуха показал различную изменчивость погодных условий в эти сезоны года. Для этого значения средней за лето и средней за зиму температуры воздуха были усреднены по всем метеорологическим станциям области, и определены статистические характеристики полученных многолетних рядов: многолетняя средняя, медиана, мода, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации.

Медиана – значение величины, которое делит многолетний ряд на две равные части: 50% единиц ряда данных будут иметь значение меньше чем медиана, 50% – больше чем медиана. *Мода* – значение величины, которое наиболее часто встречается в многолетнем

ряде. *Среднеквадратическое отклонение* – показатель рассеивания значений величины относительно её среднего значения. *Коэффициент вариации* – мера относительного разброса величины, т.е. показывает какую долю среднего значения величины составляет её средний разброс. Она позволяет судить об однородности совокупности: менее 17% – абсолютно однородная; 17–33% – достаточно однородная; 35–40% – недостаточно однородная; 40–60% – большая изменчивость.

Согласно коэффициенту вариации, многолетний ряд средней за лето температуры воздуха по Павлодарской области является абсолютно однородным (5%), т.е. мало изменчивым, а ряд средней за зиму температуры воздуха – достаточно однородным (20%), т.е. умеренно изменчивым (таблица 3.10). Это означает, что температурный режим (погодные условия) зимы более изменчив из года в год, чем температурный режим лета.

Таблица 3.10 – Статистические характеристики многолетних рядов средней за лето и средней за зиму температуры воздуха

Характеристика	Лето	Зима
Средняя, °С	19,9	-14,9
Медиана, °С	19,8	-14,9
Мода, °С	20,2	-13,5
Ср. кв. отклонение, °С	1,0	3,0
Коэф. вариации, %	5	20

Исследования показали, что повторяемость относительно жаркого лета составляет 18%, прохладного лета - 18%, а нормального для данной местности лета - 64% (таблица 3.11). Особенно жаркими были лето в 1998 и 2012 годов.

Таблица 3.11 – Повторяемость аномального температурного режима лета (Р, %)

Характеристика лета	Р, %	Вероятность повторения за 10 лет
Жаркое лето	18	2 года
Прохладное лето	18	2 года
Нормальное лето	64	6 лет

Повторяемость относительно теплой зимы составляет 18%, относительно холодной зимы - 17%, а нормальной для данной местности зимы - 65% (таблица 3.12).

Холодными были зимы в 1983-1984, 2009-2010, 2011-2012 годах.

Таблица 3.12 – Повторяемость аномального температурного режима зимы (Р, %)

Характеристика зимы	Р, %	Вероятность повторения за 10 лет
Теплая зима	18	2 года
Холодная зима	17	2 года
Нормальная зима	65	6 лет

Таким образом, в Павлодарской области относительно жаркое лето наблюдается в 2 годах из 10, прохладное лето - также 2 раза в 10 лет, относительно теплая зима наблюдается 2 раза в 10 лет, холодная зима – 2 раз в 10 лет. Нормальное, т.е. свойственное для данной области лето устанавливается в 6 годах из 10 лет, а нормальная зима – также в 6 годах из 10.

Максимальная и минимальная температура воздуха

Значения средних месячных максимальных ($t_{\max}$) и минимальных ($t_{\min}$) температур воздуха характеризуют температурный режим самой теплой и самой холодной времени суток. Например, в среднем в июле месяце днем температура воздуха в Михайловке (север

области) достигает 26,9°C, а ночью опускается до 14,6°C. На МС Коктобе (юг области) в июле днем температура воздуха в среднем достигает 28,2°C, а ночью опускается до 16,0°C.

В январе в течение суток температура воздуха в Михайловке в среднем колеблется от минус 12,5°C днем до минус 21,4°C ночью, а на МС Коктобе – от минус 10,9°C днем до минус 20,1°C ночью. Суточный размах температуры воздуха (Δt_c) уменьшается от лета к зиме. Например, суточный размах температуры в июне составляет около 13,0°C, а в январе – около 9,0°C (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Средние месячные максимальные ($t_{\max}$) и минимальные ($t_{\min}$) температуры воздуха, а также суточный размах (Δt_c) температуры

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
МС Михайловка													
$t_{\max}$	-12,5	-10,6	-3,3	10,3	19,9	25,5	26,9	24,4	17,7	9,0	-3,0	-9,3	7,9
$t_{\min}$	-21,4	-20,4	-12,3	-0,7	6,5	12,4	14,6	12,1	6,0	-0,5	-10,2	-18,3	-2,7
Δt_c	8,9	9,9	9,0	11,0	13,4	13,2	12,3	12,3	11,7	9,5	7,2	9,0	10,6
МС Коктобе													
$t_{\max}$	-10,9	-9,5	-1,3	13,3	21,6	26,9	28,2	26,2	19,8	11,1	-0,6	-7,7	9,8
$t_{\min}$	-20,1	-19,7	-11,5	0,6	7,9	13,8	16,0	13,4	7,0	0,3	-9,2	-16,7	-1,5
Δt_c	9,2	10,3	10,2	12,7	13,7	13,1	12,2	12,8	12,9	10,9	8,6	9,0	11,3

Абсолютная максимальная температура воздуха 42°C в июле была зафиксирована на МС Михайловка, Ертис и Шалдай.

Абсолютная минимальная температура воздуха минус 49°C была зафиксирована в январе 1969 года на МС Шалдай. На остальных метеостанциях абсолютная минимальная температура воздуха была в пределах минус 43 - минус 48°C.

По значениям средней месячной температуры воздуха летних месяцев можно оценить соответствие температурного режима к требованиям сельскохозяйственных культур. Например, для твердых сортов пшеницы биологическая минимальная температура воздуха, необходимая для формирования вегетативных органов равна 5°C, а для формирования генеративных органов – 12°C. Биологический минимум просо равен 12°C, хлопчатника и риса в начальные фазы развития равен 15°C, а в период созревания – 20°C [9]. Надо отметить, что для зерновых культур оптимальной является дневная температура воздуха в пределах 20–25°C.

Также растения реагируют на изменение температуры воздуха дня и ночи (термопериодизм растений). Следствием термопериодизма является изменение химического состава растений. В условиях континентального климата повышается сахаристость фруктов и корнеплодов, содержание белка в зернах. В условиях более мягкого морского климата у зерновых культур повышается содержание крахмала и уменьшается содержание белковых веществ. Например, согласно З.А. Мищенко, при суточном размахе температуры воздуха 12–14°C содержание белка в зернах яровой пшеницы может достигать 18–20% и более [11].

Значения средних месячных максимальных ($t_{\max}$) и минимальных ($t_{\min}$) температур воздуха характеризуют температурный режим самой теплой (полдень) и самой холодной (утро) времени суток, а их разница показывает средний суточный размах.

Надо отметить, что развитие генеративных органов сельскохозяйственных культур в основном происходит в июль – август месяцы.

В Павлодарской области средняя за июнь температура воздуха растет с севера на юг от 18,9–20,3°C. Днем температура воздуха на севере области (с. Михайловка) достигает 25,5°C, а ночью опускается до 12,4°C. На юге области (с. Коктобе) днем температура воздуха в среднем достигает 26,9°C, а ночью опускается до 13,8°C. При этом суточный размах температуры воздуха (Δt_c) в июле в среднем по территории области колеблется в пределах 12,2–14,8°C (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Средняя месячная (t_{cp}), средняя из максимальных (t_{max}) и средняя из минимальных (t_{min}) температура воздуха, а также ее суточный размах (Δt_c), °C

НП (МС)	Июнь				Июль				Август			
	t_{cp}	t_{max}	t_{min}	Δt_c	t_{cp}	t_{max}	t_{min}	Δt_c	t_{cp}	t_{max}	t_{min}	Δt_c
Михайловка	18,9	25,5	12,4	13,2	20,5	26,9	14,6	12,3	17,9	24,4	12,1	12,3
Федоровка	19,1	25,9	12,5	13,5	20,8	27,3	14,8	12,5	18,2	24,9	12,1	12,8
Ертис	19,5	25,5	13,3	12,2	21,1	26,7	15,3	11,4	18,5	24,3	12,7	11,6
Лозовое	19,2	26,0	12,6	13,4	20,9	27,4	14,9	12,5	18,3	24,9	12,4	12,5
Голубовка	19,4	25,8	13,0	12,7	21,0	27,0	15,2	11,8	18,5	24,7	12,7	12,0
Актогай	19,6	26,1	13,0	13,1	21,2	27,4	15,4	12,0	18,7	25,1	12,7	12,4
Успенка	19,7	26,6	13,0	13,7	21,3	27,8	15,1	12,7	18,8	25,5	12,6	12,9
Жолболды	19,7	26,7	12,5	14,2	21,3	28,0	14,9	13,1	18,8	25,7	12,6	13,1
Шарбакты	19,8	26,3	13,4	13,0	21,5	27,7	15,7	11,9	19,0	25,5	13,0	12,4
Красноармейка	20,2	26,9	13,7	13,2	21,9	28,2	15,9	12,3	19,4	26,0	13,2	12,9
Павлодар	19,8	26,8	12,8	14,0	21,5	28,1	15,2	12,9	19,0	26,0	12,6	13,4
Шалдай	19,8	26,8	12,0	14,8	21,5	28,1	14,6	13,5	19,0	26,0	12,0	14,0
Екибастуз	20,0	26,8	13,1	13,7	21,4	27,9	15,2	12,7	19,3	25,6	12,8	12,9
Коктобе	20,3	26,9	13,8	13,1	21,9	28,2	16,0	12,2	19,6	26,2	13,4	12,8
Баянауыл	18,9	26,1	13,0	13,1	20,3	27,4	15,4	12,0	18,4	25,1	12,7	12,4

В области средняя за июль температура воздуха растет с севера на юг от 20,5 до 21,9°C. Днем температура воздуха на севере области (с. Михайловка) достигает 26,9°C, а ночью опускается до 14,6°C. На юге области (с. Коктобе) днем температура воздуха в среднем достигает 28,2°C, а ночью опускается до 16,0°C. При этом суточный размах температуры воздуха (Δt_c) в июле в среднем по территории области колеблется в пределах 11,4-13,5°C

В августе средняя температура воздуха по территории области составляет 17,9-19,6°C. Днем температура воздуха на севере области достигает 24,4°C, а ночью опускается до 12,1°C. На юге области днем температура воздуха достигает 26,2°C, а ночью опускается до 13,4°C. При этом в августе в среднем суточный размах температуры воздуха (Δt_c) по территории области колеблется в пределах 11,6-14,0°C.

Таким образом, суточный размах температуры воздуха колеблется с севера на юг от 11,4°C до 13,5°C, что предполагает достаточно высокое качество урожая зерновых и бобовых культур. При таких условиях содержание белка в зернах пшеницы бывает от 14 до 18%.

В зимнее время понижение температуры воздуха до минус 20-30°C при полном бесснежье или высоте снежного покрова ниже 5 см является опасным для посевов озимых зерновых культур, многолетних трав, плодовых деревьев и ягодников. Для растений, ушедших на зиму недостаточно развитыми (озимые зерновые, не достигшие стадии кущения) понижение температуры воздуха ниже минус 15°C при высоте снежного покрова менее 5 см может нанести значительный ущерб [9, 12].

В то же время очень высокий снежный покров (выше 40 см) может привести к выпреванию зимующих зерновых культур. Также сильные ветры могут вызывать перераспределение снега, вызывая оголение больших площадей.

Температурные показатели в комплексе с высотой снежного покрова и скоростью ветра могут характеризовать условия перезимовки озимых культур. Рассмотрим сочетание данных характеристик погодных условий в январе и феврале, так как именно в эти месяцы складываются наиболее суровые условия для перезимовки озимых культур.

В Павлодарской области средняя температура воздуха в январе составляет в пределах минус 12,8 - минус 17,2°C. Средняя месячная ночная минимальная температура воздуха довольно низкая, по территории области составляет минус 19,2 - минус 21,9°C. При таких температурах снежный покров высотой более 20 см могут обеспечить теплоизоляционные условия. Однако в некоторых районах снежный покров не превышает 20 см (Михайловка,

Федоровка, Актогай, Успенка, Екибастуз, Коктобе). По значениям средних максимальных температур воздуха (минус 10,0 – минус 12,7°С) видно, что тут маловероятны оттепели. Постоянные ветра со средней скоростью 2,8-4,8 м/с в условиях низких температур воздуха и невысокого снежного покрова вызывает определенную угрозу для перезимовки озимых зерновых культур (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Средняя месячная ($t_{\text{ср}}$), средняя максимальная (t_{max}) и средняя минимальная ($t_{\text{мин}}$) температура воздуха (°С), средняя высота снежного покрова (h_c , см) и средняя месячная скорость ветра (V , м/с)

НП (МС)	Январь					Февраль				
	$t_{\text{ср}}$	t_{max}	$t_{\text{мин}}$	h_c	V	$t_{\text{ср}}$	t_{max}	$t_{\text{мин}}$	h_c	V
Михайловка	-17,2	-12,5	-21,4	18	3,0	-16,1	-10,6	-20,4	20	3,2
Федоровка	-17,4	-12,7	-21,9	16	3,6	-16,4	-11,4	-21,1	19	3,8
Ертис	-16,9	-12,5	-21,2	20	2,8	-15,9	-11,2	-20,4	24	2,9
Лозовое	-17,3	-12,7	-21,7	22	3,4	-16,3	-11,3	-21,0	25	3,4
Голубовка	-17,0	-12,7	-21,1	23	3,7	-16,1	-11,6	-20,4	26	3,8
Актогай	-17,1	-12,3	-21,9	16	4,6	-16,2	-11,0	-21,4	20	4,8
Успенка	-16,7	-12,2	-21,1	19	3,1	-15,7	-10,6	-20,3	21	3,3
Жолболды	-16,7	-12,1	-21,2	32	4,8	-16,0	-11,0	-20,6	39	4,8
Шарбакты	-16,8	-12,0	-21,2	22	3,9	-15,6	-10,5	-20,4	26	4,0
Красноармейка	-16,1	-11,7	-20,5	35	3,4	-15,1	-10,2	-19,8	43	3,5
Павлодар	-16,3	-11,2	-21,0	24	3,0	-15,3	-9,6	-20,5	27	3,2
Шалдай	-15,9	-10,4	-21,5	26	3,1	-14,8	-8,6	-20,9	33	3,2
Екибастуз	-14,4	-10,0	-19,2	10	4,3	-14,0	-8,9	-19,1	11	4,5
Коктобе	-15,7	-10,9	-20,1	14	3,1	-14,9	-9,5	-19,7	16	3,2
Баянауыл	-12,8	-12,3	-21,9	23	4,2	-12,6	-11,0	-21,4	28	4,4

Примерно такие же условия складываются и в феврале. По области средняя за февраль температура воздуха составляет в пределах минус 12,6 - минус 16,4°С. Ночная минимальная температура воздуха довольно низкая (минус 19,1 - минус 21,4°С). В районах МС Федоровка, Екибастуз и Коктобе высота снега составляет менее 20 см. В феврале при средних максимальных температурах воздуха минус 8,6 – минус 11,6°С маловероятны оттепели. Угрозу для перезимовки озимых зерновых культур вызывает ветер, дующий со средней скоростью 2,9-4,8 м/с.

Таким образом, условия зимних месяцев не предполагают хорошую перезимовку озимых зерновых культур.

3.3.2 Климатические сезоны года

Известно, что существует 3 вида исчисления времен года: календарные, астрономические и климатические времена года. Так, устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха выше 0°С считают климатическим наступлением весны, выше 15°С – наступлением лета. Соответственно эти даты перехода определяют начало и окончание климатической весны, лета, осени и зимы.

В таблице 3.16 представлены данные климатических сезонов года по Павлодарской области. В области климатическая весна начинается 30 марта - 5 апреля и продолжается в течение 47-55 суток. Лето наступает в период 18-26 мая и продолжается в течение 95-112 суток. Далее осень начинается на севере области в конце августа, а на юге – в начале сентября. Зима наступает в конце октября и бывает очень продолжительной, 151-161 суток.

Таблица 3.16 – Даты начало климатических сезонов года и их продолжительность

НП (МС)	Дата начало				Продолжительность, сутки			
	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима
Михайловка	05.04	26.05	29.08	26.10	51	95	58	161
Федоровка	05.04	24.05	30.08	26.10	49	98	57	161
Ертис	04.04	23.05	01.09	27.10	49	101	56	159
Лозовое	05.04	24.05	01.09	26.10	49	100	55	161
Голубовка	04.04	24.05	01.09	27.10	50	100	56	159
Актогай	04.04	22.05	02.09	27.10	48	103	55	159
Успенка	03.04	22.05	03.09	27.10	49	104	54	158
Жолболды	04.04	22.05	03.09	28.10	48	104	55	158
Шарбакты	03.04	21.05	04.09	28.10	48	106	54	157
Красноармейка	01.04	20.05	05.09	28.10	49	108	53	155
Павлодар	01.04	21.05	03.09	28.10	50	105	55	155
Шалдай	02.04	21.05	03.09	28.10	49	105	55	156
Екибастуз	30.03	20.05	05.09	30.10	51	108	55	151
Коктобе	01.04	18.05	07.09	30.10	47	112	53	153
Баянауыл	30.03	24.05	02.09	30.10	55	101	58	151

Таким образом, в Павлодарской области самым продолжительным сезоном года является зима с продолжительностью более 5 месяцев (ноябрь-март), а лето длится в течение 3,5 месяцев. Продолжительность весны составляет 1,5 месяца, а осени – чуть менее 2 месяцев.

3.3.3 Континентальность климата

Годовой размах температуры воздуха ($At_{\text{год}}$), определяющиеся как разность температур самого теплого и холодного месяцев, по территории Павлодарской области колеблется от 33,1 до 38,3°C (таблица 3.17).

Континентальность климата была оценена по индексу Л. Горчинского (k) [58]. По данному индексу в мягком морском климате $k < 20$, в умеренно морском – $k = 20,1-30\%$, в умеренно континентальном – $k = 30,1-50\%$, в континентальном – $k = 50,1-70\%$, в резко континентальном – $k = 70,1-90\%$, в сильно континентальном климате $k > 90\%$ (в Верхоянске $k = 100\%$). По территории области индекс континентальности колеблется от 53 до 62, и соответственно климат области является континентальным.

Таблица 3.17 – Характеристики континентальности климата

НП (МС)	$At_{\text{год}}$	k	Оценка
Михайловка	37,7	59	континентальный
Федоровка	38,2	61	континентальный
Ертис	37,9	61	континентальный
Лозовое	38,2	61	континентальный
Голубовка	38,0	60	континентальный
Актогай	38,3	61	континентальный
Успенка	38,1	61	континентальный
Жолболды	38,0	61	континентальный
Шарбакты	38,3	62	континентальный
Красноармейка	38,0	61	континентальный
Павлодар	37,8	61	континентальный
Шалдай	37,4	61	континентальный
Екибастуз	35,8	58	континентальный
Коктобе	37,6	62	континентальный
Баянауыл	33,1	53	континентальный

3.3.4 Продолжительность вегетационного периода

Рост и развитие растений начинается от даты устойчивого перехода суточной температуры воздуха выше уровня ее биологической минимальной температуры. Для большинства растений и сельскохозяйственных культур этот предел равен 5°C (ранние яровые), для поздних яровых культур - 10°C, а для теплолюбивых культур - 15°C. Соответственно нами были рассмотрены даты перехода температуры воздуха через эти пределы весной и осенью, а также продолжительность между этими датами, характеризующие продолжительность вегетационного периода соответствующих культур.

В таблице 3.18 приведены осредненные за многолетний период даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C, 10°C, 15°C и продолжительность периода с температурой выше указанных пределов. В среднем устойчивый переход температуры воздуха через 5°C весной происходит 12 - 18 апреля, а обратно осенью – 10-16 октября и продолжительность вегетационного периода для ранних яровых культур составляет 175-187 суток.

Таблица 3.18 – Даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C (D₅), 10°C (D₁₀), 15°C (D₁₅) и продолжительность периода с температурой выше указанных пределов (N₅, N₁₀, N₁₅), сутки

НП (МС)	D ₅		N ₅	D ₁₀		N ₁₀	D ₁₅		N ₁₅
	весна	осень		весна	осень		весна	осень	
Михайловка	18.04	10.10	175	05.05	21.09	139	26.05	29.08	95
Федоровка	17.04	11.10	177	04.05	22.09	141	24.05	30.08	98
Ертис	16.04	12.10	179	03.05	23.09	143	23.05	01.09	101
Лозовое	17.04	11.10	177	04.05	22.09	141	24.05	01.09	100
Голубовка	16.04	12.10	179	03.05	23.09	143	24.05	01.09	100
Актогай	15.04	12.10	180	02.05	23.09	144	22.05	02.09	103
Успенка	15.04	13.10	181	02.05	24.09	145	22.05	03.09	104
Жолболды	15.04	13.10	181	03.05	24.09	144	22.05	03.09	104
Шарбакты	14.04	13.10	182	02.05	24.09	145	21.05	04.09	106
Красноармейка	13.04	14.10	184	30.04	25.09	148	20.05	05.09	108
Павлодар	13.04	13.10	183	30.04	24.09	147	21.05	03.09	105
Шалдай	14.04	13.10	182	01.05	24.09	146	21.05	03.09	105
Екибастуз	12.04	15.10	186	30.04	26.09	149	20.05	05.09	108
Коктобе	12.04	16.10	187	28.04	27.09	152	18.05	07.09	112
Баянауыл	14.04	14.10	183	02.05	24.09	145	24.05	02.09	101

На территории области устойчивый переход температуры воздуха через 10°C весной наблюдается 28 апреля - 7 мая, а обратно осенью – 21-27 сентября.

Пространственное распределение даты перехода через 10°C весной представлено на рисунке 3.4. Дата перехода в среднем наблюдается на юге области 1 мая, на севере – 5 мая.

Продолжительность вегетационного периода для поздних яровых культур растет с севера на юг от 139 до 152 и более суток. Однако на крайнем юго-западе в районе гор Баянауыл и Кызылтау продолжительность обратно сокращается до 145 суток и менее (таблица 3.18, рисунок 3.5).

Средняя суточная температура воздуха переходит через 15°C весной 18 – 26 мая, а обратно осенью – 29 августа – 7 сентября, и соответственно продолжительность вегетационного периода для теплолюбивых культур составляет на севере области 95 суток, а на юге – 112 суток, а в районе гор Баянауыл и Кызылтау составляет менее 100 суток.

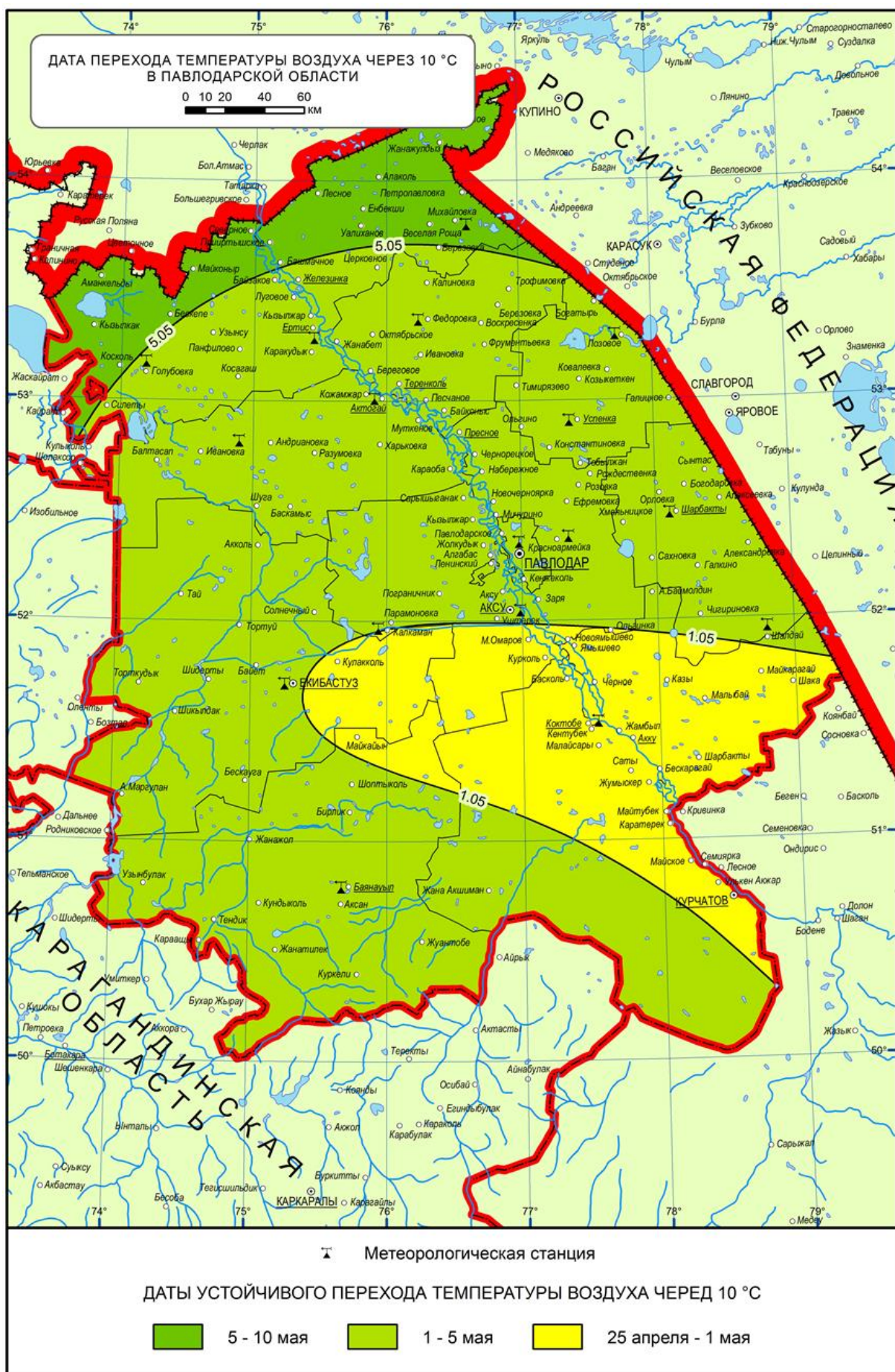


Рисунок 3.4 – Дата устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C весной

3.3.5 Теплообеспеченность вегетационного периода

Для характеристики ресурсов тепла используются суммы активных температур воздуха выше 5°C, 10°C, 15°C, соответственно предназначенные для ранних яровых, поздних яровых и теплолюбивых культур. Например, для возделывания скороспелых сортов мягкой пшеницы необходима сумма активных температур выше 10°C в пределах 1350–1400°C, а для сортов твердой пшеницы – 1600–1700°C, для подсолнечника – 2000–2300°C, а кукурузы – 2200–2900°C.

В таблице 3.19 представлены средние многолетние значения сумм средних суточных температур воздуха за период с температурой выше 5°C, 10°C и 15°C по МС Павлодарской области. За период с температурой воздуха выше 5°C (весь вегетационный период) на территории Павлодарской области накапливается от 2644°C до 2998°C тепла. За период с температурой воздуха выше 10°C накапливается тепло на 2364-2722°C и их количество растет с севера на юг области. Применительно к теплолюбивым культурам (при температуре выше 15°C) ресурсы тепла составляют 1763-2174°C.

Таблица 3.19 – Суммы активных температур воздуха выше 5°C ($\sum T_{>5}$), 10°C ($\sum T_{>10}$) и 15°C ($\sum T_{>15}$), °C

НП (МС)	$\sum T_{>5}$	$\sum T_{>10}$	$\sum T_{>15}$
Михайловка	2644	2364	1763
Федоровка	2698	2420	1834
Ертис	2772	2488	1911
Лозовое	2716	2436	1876
Голубовка	2750	2474	1889
Актогай	2796	2516	1954
Успенка	2822	2543	1982
Жолболды	2812	2526	1978
Шарбакты	2853	2565	2028
Красноармейка	2936	2653	2101
Павлодар	2865	2586	2011
Шалдай	2850	2571	2010
Екибастуз	2922	2635	2073
Коктобе	2998	2722	2174
Баянауыл	2752	2458	1863

На рисунке 3.6 представлено пространственное распределение сумм активных температур воздуха выше 10°C. По территории области суммы температур растут с севера на юг от 2300°C до 2700°C, а в районе Баянауылских гор – менее 2200°C.

В умеренных широтах вегетационный период большинства сельскохозяйственных культур соответствует продолжительности периода со средней суточной температурой воздуха выше 10°C. Здесь ограничивающим фактором являются заморозки. Поэтому в таблице 3.20 приведены суммы средних суточных температур воздуха за период с температурой выше 10°C, нарастающим итогом.

В Павлодарской области за май месяц накапливается 361-482°C тепла, а за вегетативно активный период, т.е. с мая до конца августа накапливается от 2100°C на МС Михайловка до 2378°C на МС Коктобе.

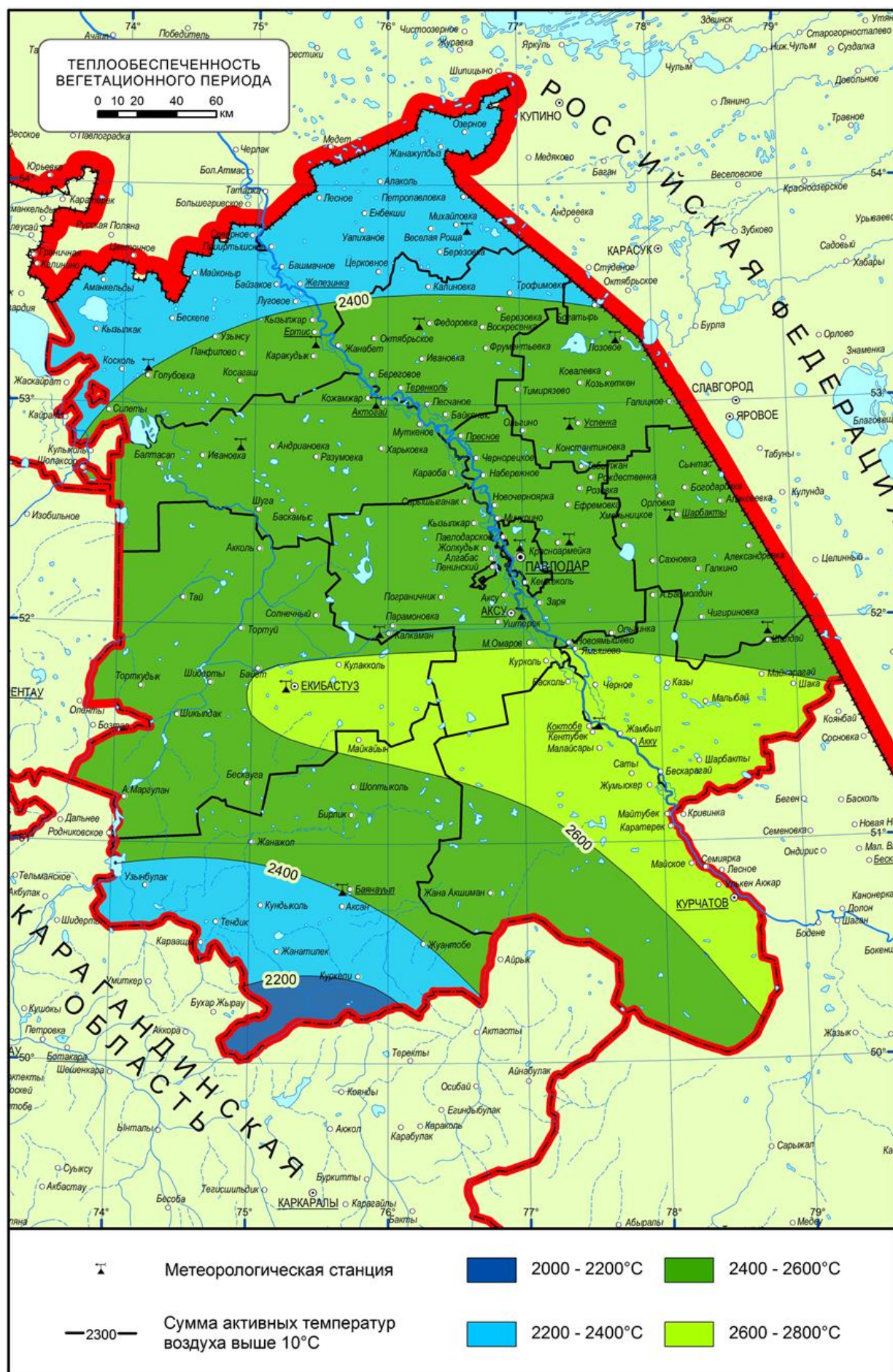


Рисунок 3.6 – Сумма активных температур воздуха выше 10°C

Таблица 3.20 – Сумма средних суточных температур воздуха за период с температурой выше 10°C, нарастающим итогом (°C)

НП (МС)	V	VI	VII	VIII	IX
Михайловка	361	927	1563	2119	2364
Федоровка	377	951	1596	2160	2420
Ертис	401	987	1640	2212	2488
Лозовое	379	956	1605	2173	2436
Голубовка	392	974	1625	2199	2474
Актогай	411	999	1656	2235	2516
Успенка	415	1007	1668	2252	2543
Жолболды	399	989	1649	2233	2526
Шарбакты	418	1011	1679	2269	2565
Красноармейка	451	1058	1737	2340	2653
Павлодар	441	1035	1701	2290	2586
Шалдай	427	1021	1688	2278	2571
Екибастуз	446	1046	1710	2309	2635
Коктобе	482	1091	1770	2378	2722
Баянауыл	400	967	1597	2167	2458

Для оценки соответствия ресурсов тепла требованиям культур определяются значения сумм температур при различной обеспеченности. Принято считать, что 80–90%–ная обеспеченность растений теплом является хорошей [7].

Поэтому нами были рассчитаны обеспеченности (Р, %) сумм активных температур воздуха выше 10°C (таблица 3.21). В северной части области (МС Михайловка) в среднемноголетнем накапливается 2364°C тепла, что соответствует обеспеченности около 50%. Здесь на 90% обеспечено 2176°C тепла, т.е. в 9 годах из 10 накапливается не менее чем 2176°C тепла, что удовлетворяет требования мягких и твердых сортов пшеницы, но недостаточно для подсолнечника и кукурузы. На юге области (МС Коктобе, Баянауыл и Кызылтау) на 90% обеспечено около 2576°C тепла, что достаточно для пшеницы, среднеспелых сортов подсолнечника и раннеспелых сортов кукурузы.

Таблица 3.21 – Обеспеченность сумм активных температур воздуха выше 10°C, (Р)%

НП (МС)	Р, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Михайловка	2529	2489	2426	2404	2377	2340	2302	2256	2176	2116
Федоровка	2580	2534	2497	2456	2423	2400	2371	2296	2229	2172
Ертис	2643	2612	2567	2524	2487	2466	2435	2392	2306	2236
Лозовое	2588	2554	2507	2470	2448	2410	2385	2334	2260	2196
Голубовка	2618	2584	2561	2497	2480	2455	2409	2358	2307	2199
Актогай	2674	2624	2589	2549	2519	2492	2480	2405	2333	2230
Успенка	2699	2666	2621	2573	2539	2519	2488	2452	2365	2277
Жолболды	2700	2641	2583	2555	2521	2511	2491	2396	2362	2215
Шарбакты	2714	2674	2651	2605	2570	2552	2499	2469	2388	2247
Красноармейка	2818	2777	2752	2699	2647	2615	2583	2552	2456	2317
Павлодар	2733	2691	2655	2606	2588	2565	2552	2496	2412	2279
Шалдай	2708	2672	2636	2616	2584	2549	2505	2470	2409	2284
Екибастуз	2805	2707	2686	2669	2640	2619	2578	2550	2516	2235
Коктобе	2862	2829	2800	2749	2708	2699	2662	2637	2576	2430
Баянауыл	2609	2561	2530	2494	2449	2437	2419	2396	2310	2099

3.4 Ресурсы влаги

В качестве показателя ресурсов увлажнения в агроклиматологии используются: суммы осадков, запасы воды в снежном покрове, запасы продуктивной влаги в почве (ЗПВ), различные расчетные показатели и коэффициенты увлажнения, испаряемость и т.д.

3.4.1 Режим атмосферных осадков

В Павлодарской области в среднемноголетнем за год выпадают осадки и более 255-334 мм (таблица 3.22). За теплый период года осадки выпадают в 3 раза больше чем за холодный период года.

В годовом ходе месячные суммы осадков растут к лету и уменьшаются к зиме. Максимум осадков наблюдается в июле, когда за месяц выпадает более 50 мм осадков, а минимум – в феврале с осадками менее 15 мм (рисунок 3.7). В осенние месяцы выпадают 17-26 мм осадков.

Таблица 3.22 – Месячная и годовая сумма осадков, мм

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	XI-III	IV-X
Михайловка	15	12	14	17	25	41	59	37	25	27	23	20	315	84	231
Федоровка	12	10	12	16	22	39	54	39	21	23	20	15	284	70	213
Ертис	11	10	12	17	25	38	50	41	20	24	20	16	285	70	216
Лозовое	13	11	11	15	23	37	47	39	26	26	19	17	284	71	213
Голубовка	15	11	15	18	26	39	55	38	20	25	21	20	304	82	222
Актогай	11	10	11	15	25	34	52	38	21	24	18	15	276	66	210
Успенка	17	14	13	15	24	35	54	33	23	26	21	20	294	85	209
Жолболды	14	12	13	16	25	35	51	38	20	23	17	15	278	71	207
Шарбакты	15	11	13	17	25	36	50	34	22	24	20	17	284	78	207
Красноармейка	13	9	11	15	24	30	48	29	21	23	17	14	255	64	191
Павлодар	20	14	14	16	26	32	54	32	19	26	23	21	298	92	206
Шалдай	13	12	13	16	23	32	45	29	20	22	22	15	263	76	187
Екибастуз	11	10	12	14	27	32	55	37	18	19	17	15	268	65	202
Коктобе	16	13	15	15	25	33	46	31	17	21	23	18	272	84	188
Баянауыл	14	13	17	22	35	46	67	39	20	23	21	16	334	81	253

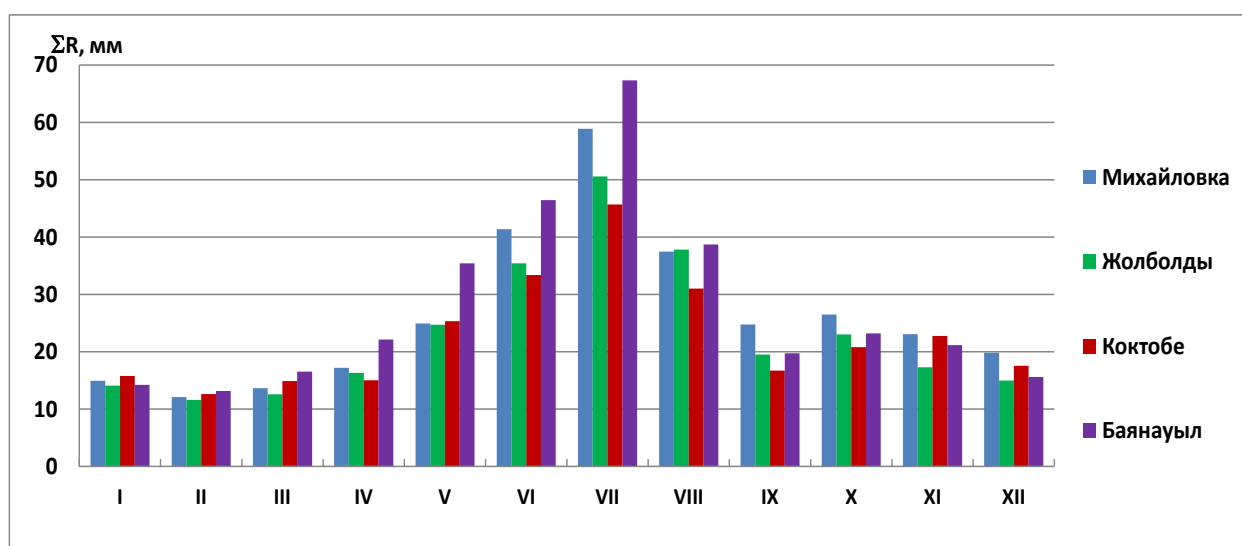


Рисунок 3.7 – Годовой ход месячных сумм осадков

Согласно коэффициенту вариации, многолетние ряды сумм осадков за теплый (апрель-октябрь) и холодный (декабрь-март) периоды года, осредненные по всем метеорологическим

станциям Павлодарской области, являются достаточно однородными (20-22%) (таблица 3.23). Это указывает на умеренную изменчивость из года в год режима осадков теплого и холодного периодов года.

Таблица 3.23 – Статистические характеристики многолетних рядов сумм осадков за теплый (апрель-октябрь) и холодный (декабрь-март) периоды года

Характеристика	Теплый период	Холодный период
Средняя, мм	210	76
Медиана, мм	205	75
Мода, мм	226	69
Ср. кв. отклонение, мм	45	15
Коэф. вариации, %	22	20

В Павлодарской области повторяемость относительно дождливого теплого периода (апрель-октябрь) составляет 21%, т.е. такие годы вероятны 2 раза в 10 лет (таблица 3.24). Повторяемость мало дождливого теплого периода составляет 18%, т.е. такие годы также вероятны 2 раза за 10 лет. В остальные 6 из 10 лет наблюдается обычный режим осадков, свойственный данному региону. Наименее дождливыми были 1991, 1995, 1997 и 2010 годы, наиболее дождливыми - 1993, 2009 и 2013 годы.

Таблица 3.24 – Повторяемость аномального режима осадков теплого периода года (Р, %)

Режим осадков теплого периода	Р, %	Вероятность повторения за 10 лет
Дождливая	21	2 года
Мало дождливая	18	2 года
Обычная	61	6 лет

В области 1 год из 10 бывает относительно снежным, а малоснежная зима имеет вероятность 2 раза в 10 лет. В остальные 7 лет из 10 за холодный период года выпадают осадки (снег) в пределах нормы, свойственной данной области (таблица 3.25). Малоснежными были зимы 1988-1989 и 2005-2006 годов.

Таблица 3.25 – Повторяемость аномального режима осадков холодного периода года (Р, %)

Режим осадков холодного периода	Р, %	Вероятность повторения за 10 лет
Снежная	12	1 год
Малоснежная	15	2 год
Обычная	73	7 лет

3.4.2 Режим снежного покрова

В Павлодарской области снежный покров в среднем появляется во второй половине октября на севере, в начале ноября – на юге. Устойчивый снежный покров образуется на преобладающей территории области в первой половине ноября, а на юге – во второй половине ноября. Устойчивый снежный покров разрушается в конце марта - начале апреля и полностью сходит 7-20 апреля. В области количество дней со снежным покровом составляет 129-154 суток (таблица 3.26). При этом в области не бывает зим с не устойчивым снежным покровом.

Таблица 3.26 – Средние многолетние характеристики снежного покрова

НП (МС)	Количество дней со снежным покровом	Дата появления снежного покрова	Дата образования устойчивого снежного покрова	Дата разрушения устойчивого снежного покрова	Дата схода снежного покрова
Михайловка	154	22.10	09.11	05.04	17.04
Федоровка	148	19.10	11.11	02.04	14.04
Ертис	151	24.10	11.11	05.04	14.04
Лозовое	152	21.10	10.11	04.04	17.04
Голубовка	154	18.10	09.11	05.04	18.04
Актогай	147	23.10	14.11	02.04	13.04
Успенка	144	23.10	16.11	28.03	14.04
Жолболды	144	23.10	20.11	01.04	15.04
Шарбакты	143	28.10	13.11	01.04	11.04
Красноармейка	139	19.10	18.11	25.03	15.04
Павлодар	137	29.10	17.11	25.03	08.04
Шалдай	151	23.10	14.11	05.04	19.04
Екибастуз	129	22.10	27.11	17.03	14.04
Коктобе	133	05.11	21.11	27.03	07.04
Баянауыл	143	13.10	19.11	29.03	20.04

В таблице 3.27 приведены средние многолетние значения высоты снежного покрова по декадам. Высота снежного покрова достигает своей максимальной высоты в конце февраля (рисунок 3.8). В это время высота снежного покрова по территории области колеблется от 11 см на МС Екибастуз до 43 см на МС Красноармейка. В апреле месяце с повышением температуры воздуха начинается интенсивное снеготаяние.

Таблица 3.27 – Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см

НП (МС)	X		XI			XII			I			II			III			IV	
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Михайловка		2	4	6	9	13	14	15	16	18	18	19	19	20	19	18	12	3	
Федоровка		3	4	5	7	10	11	12	13	15	16	18	18	19	18	17	12	4	
Ертис		2	3	5	7	11	13	14	17	20	20	22	24	24	24	23	16	5	
Лозовое		2	3	5	8	12	15	16	18	20	22	23	24	25	25	24	17	6	
Голубовка		3	4	6	9	14	16	18	20	22	23	24	25	26	25	24	16	7	
Актогай		2	3	4	5	8	9	11	12	14	16	16	18	20	20	19	14	5	
Успенка		2	3	4	6	9	12	14	17	18	19	20	20	21	19	17	9	2	
Жолболды		2	4	8	12	17	22	26	29	31	32	34	37	39	38	36	27	13	
Шарбакты			3	6	8	11	14	16	18	21	22	24	25	26	25	24	15	5	
Красноармейка		2	3	4	8	12	16	20	25	31	35	38	40	43	42	39	29	13	
Павлодар			5	8	11	15	18	21	22	24	24	25	27	27	25	23	12	2	
Шалдай		2	5	6	8	12	15	17	20	23	26	29	31	33	33	32	25	12	
Екибастуз		2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	10	11	11	9	7	5	2	
Коктобе			2	3	4	6	7	8	10	12	14	15	15	16	15	12	8	3	
Баянауыл		2	3	5	9	11	12	14	18	21	23	24	26	28	27	26	18	7	

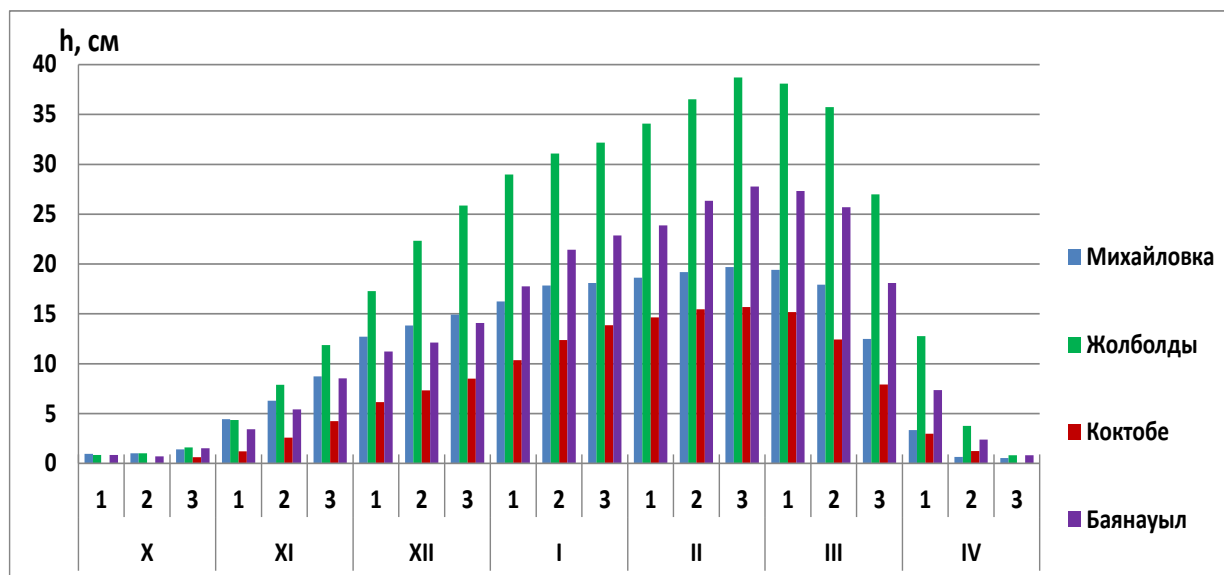


Рисунок 3.8 – Динамика высоты снежного покрова в холодный период года

В таблице 3.28 представлены среднееголетние данные по запасам воды в снежном покрове по результатам снегосъемок на открытом поле. Запасы воды в снежном покрове достигают наибольших значений в конце февраля – начале марта. В это время она доходит на МС Ертис до 79 мм ($\approx 79 \text{ л/м}^2$). Наименьшим запасом воды обладает снежный покров в районе МС Екибастуз, менее 23 мм.

Таблица 3.28 – Запасы воды в снежном покрове по снегосъёмкам на последний день декады (поле), мм

НП (МС)	XI		XII			I			II			III		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Михайловка	15	19	22	25	27	31	34	40	41	43	45	42	41	30
Федоровка		24	32	33	39	45	49	57	62	62	65	65	68	63
Ертис		20	23	25	30	39	48	55	62	71	75	79	78	58
Лозовое	17	22	27	30	36	39	44	46	52	57	60	60	61	52
Голубовка		18	23	22	26	32	37	42	47	52	55	58	59	53
Актогай			22	26	29	31	34	38	42	47	50	51	51	39
Успенка		18	20	24	30	33	35	38	41	44	44	46	42	
Жолболды		16	23	23	28	33	39	41	45	48	49	51	50	50
Шарбакты		22	24	31	37	41	47	51	54	60	64	67	66	52
Красноармейка			18	20	24	30	32	35	37	41	43	41	42	
Павлодар		15	18	21	24	27	30	34	35	42	39	39	34	
Шалдай	21	26	28	37	40	46	53	57	62	67	71	75	75	62
Екибастуз			15	15	17	18	20	20	21	23	21	22		
Коктобе		10	13	16	20	24	27	29	33	38	42	41	42	
Баянауыл			18	17	20	19	24	20	24	27	24	21	21	

3.4.3 Режим увлажнения почвы

Важным и прямым показателем обеспеченности сельскохозяйственных культур влагой являются запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом (метровом) слое почвы.

В Павлодарской области запасы продуктивной влаги почвы (ЗПВ) измеряются на 10 пунктах, т.е. на 9 МС и 1 АМП. На АМП Прииртышское ЗПВ начали измерять в 2009 году. При этом ЗПВ определяются на сельскохозяйственных полях, у которых известны агрогидрологические константы почвы. Влажность почвы определяется 1 раз в 10 дней, по

восьмым дням декады (08, 18, 28 числа месяца).

Нами для оценки условий почвенного увлажнения были использованы данные ЗПВ по 10 МС для 20 см и 100 см слоев почвы за период с 2003 по 2015 год. Из-за малой длины ряда расчеты не проводились по АМП Прииртышское.

В таблице 3.29 приведены преобладающий тип почв, их механический состав и наименьшая полевая влагемкость (НПВ) в наблюдательных участках МС. В области распространены в основном черноземы южные и темно-каштановые почвы. По механическому составу являются легкосуглинистыми, суглинистыми и супесчаными. НПВ колеблется для 20 см слоя почвы от 24 до 43 мм, для 100 см слоя почвы – от 113 до 192 мм.

Таблица 3.29 – Основной тип почвы и наименьшая полевая влагемкость (НПВ)

НП (МС)	Преобладающая почва, механический состав	НПВ, мм (0-20 см)	НПВ, мм (0-100 см)
Михайловка	Черноземы южные, легкосуглинистые	43	170
Федоровка	черноземы южные, среднесуглинистые	39	161
Лозовое	темно-каштановые, суглинистые и супесчаные	38	150
Голубовка	темно-каштановые, суглинистые	42	192
Актогай	темно-каштановые, супесчаные	24	113
Успенка	темно-каштановые, легкосуглинистые	42	167
Жолболды	темно-каштановые, легкосуглинистые	31	134
Шарбакты	темно-каштановые, легкосуглинистые	42	175
Красноармейка	темно-каштановые, супесчаные	37	155

Запасы влаги измеряются с момента оттаивания и просыхания почвы до начала уборки урожая, после уборки измерение возобновляется и продолжается до даты устойчивого перехода суточной температуры воздуха через 5°C осенью. Есть множество определенных условий, когда ЗПВ не измеряются.

В таблицах 3.30 и 3.31 приведены средние многолетние данные ЗПВ по слоям 0-20 и 0-100 см почвы в вегетативно активный период года, т.е. с мая по август месяцы. ЗПВ были измерены на полях зерновых культур, в основном под яровой пшеницей.

В период весенне-полевых работ (май) ЗПВ в пахотном слое почвы по области колеблется от 13 мм на МС Жолболды и Шарбакты до 29 мм на МС Голубовка (таблица 3.30). Далее к середине лета ЗПВ уменьшается до 10-20 мм, а в августе бывает еще меньше (6-17 мм).

Такая же закономерность временного распределения свойственна и для ЗПВ в метровом слое почвы. ЗПВ в метровом слое почвы в период весенне-полевых работ по области колеблется от 60 мм на МС Жолболды до 131 мм на МС Федоровка. В целом ЗПВ уменьшается с севера на юг области (таблица 3.31).

Таблица 3.30 – Средние многолетние запасы продуктивной влаги в 0-20 см слое почвы, мм

НП (МС)	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Михайловка	24	19	25	21	23	20	17	16	19	19	18	17
Федоровка	26	19	19	16	14	11	8	8	10	11	10	8
Лозовое	21	14	14	9	13	10	11	10	11	11	8	6
Голубовка	29	25	23	20	16	16	14	16	18	18	14	13
Актогай	20	18	18	16	18	15	10	12	10	9	9	8
Успенка	18	15	14	12	13	10	11	10	11	8	7	7
Жолболды	13	11	10	9	9	10	8	8	10	9	7	8
Шарбакты	13	12	14	10	9	8	9	9	9	7	8	6
Красноармейка	16	14	13	12	11	10	11	12	13	14	12	9

Таблица 3.31 – Средние многолетние запасы продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы, мм

НП (МС)	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Михайловка	121	100	101	90	89	83	70	65	71	73	67	65
Федоровка	131	109	100	108	86	87	70	58	62	65	57	56
Лозовое	78	59	56	40	49	41	45	37	35	36	29	19
Голубовка	108	96	90	83	66	62	61	58	62	59	55	49
Актогай	90	70	75	72	70	55	52	50	48	45	40	40
Успенка	77	64	71	63	58	47	54	47	43	35	35	29
Жолболды	60	53	47	40	41	43	43	32	40	36	33	30
Шарбакты	78	73	73	63	60	59	59	55	53	49	47	46
Красноармейка	94	88	83	73	75	72	70	73	75	79	77	69

Для оценки влагообеспеченности зерновых культур значения ЗПВ сравнивались со значениями наименьшей полевой влагоемкости почвы (НПВ), которая в свою очередь зависит от типа и механического состава почвы. Для оценки использовались следующие критерии:

- более 100% от НПВ – избыточное увлажнение;
- 80–100% от НПВ – оптимальное увлажнение;
- 50–80% от НПВ – удовлетворительное увлажнение;
- менее 50% от НПВ – недостаточное увлажнение.

Как расчеты показали, в течение вегетации зерновых культур (май-август) в области бывает в основном неудовлетворительное увлажнение почвы (менее 50%). В среднем оптимальное увлажнение почвы (80-91%) создается только в районе МС Федоровка в начале мая (таблица 3.32).

Таблица 3.32 – Средние многолетние ЗПВ в 0-100 см слое почвы, в % от НПВ

НП (МС)	май			июнь			июль			август		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Михайловка	71	59	59	53	52	49	41	38	42	43	39	38
Федоровка	81	68	62	67	53	54	44	36	39	40	35	35
Лозовое	52	39	38	27	33	28	30	25	23	24	19	13
Голубовка	56	50	47	43	34	32	32	30	32	31	29	26
Актогай	79	62	66	64	62	49	46	44	42	40	35	35
Успенка	46	38	43	38	35	28	32	28	26	21	21	17
Жолболды	44	40	35	30	30	32	32	24	30	27	24	22
Шарбакты	45	41	42	36	34	34	34	31	30	28	27	26
Красноармейка	60	57	54	47	48	47	45	47	49	51	49	45

Удовлетворительные условия увлажнения почвы создаются только в мае-июне, в основном на севере области. Вторая половина вегетации повсеместно характеризуется как не удовлетворительное увлажнение почвы (менее 50% от НПВ). При этом, чем южнее, тем раньше наступают не удовлетворительные условия увлажнения почвы. На МС Успенка, Жолболды и Шарбакты в течение всей вегетации (май-август) сохраняется не удовлетворительное увлажнение почвы.

Таким образом, в зерносеющих районах Павлодарской области увлажненность почвы под зерновыми культурами по данным ЗПВ характеризуется в начале вегетации как удовлетворительная, а далее – как не удовлетворительная.

3.4.4 Влагообеспеченность вегетационного периода

Обеспеченность осадками

Наравне с запасами продуктивной влаги в почве основным прямым показателем влагообеспеченности является сумма осадков за различные, важные для сельского хозяйства периоды года. Для сельскохозяйственных культур особенно важны осадки, выпавшие в период их активной вегетации (от посева до созревания), т.е. за период май-август. В сентябре, когда зерновые культуры дозревают, и проводится уборка урожая, благоприятной является ясная и без осадков погода. Также важны и осадки холодного периода года, которые определяют величину весенних запасов влаги в почве, т.е. в период сева сельскохозяйственных культур.

Соответственно нами были проанализированы суммы осадков за теплый (апрель-октябрь) и холодный периоды года (ноябрь-март), а также за период активной вегетации сельскохозяйственных культур (май-август). В течение холодного периода года по территории Павлодарской области в среднем выпадают осадки в пределах 66-92 мм. За теплый период года выпадают гораздо больше осадков, в среднем 187-253 мм. Из них 129-188 мм осадков выпадают в период активной вегетации сельскохозяйственных культур (таблица 3.33).

Таблица 3.33 – Суммы осадков за периоды ноябрь-март (R_{11-3}), апрель-октябрь (R_{4-10}) и май-август (R_{5-8}), мм

НП (МС)	R_{11-3}	R_{4-10}	R_{5-8}
Михайловка	84	231	163
Федоровка	70	213	153
Ертис	70	216	154
Лозовое	72	213	147
Голубовка	82	222	158
Актогай	67	210	149
Успенка	86	209	145
Жолболды	71	207	149
Шарбакты	78	207	145
Красноармейка	64	191	132
Павлодар	92	206	145
Шалдай	76	187	129
Екибастуз	66	202	151
Коктобе	84	188	135
Баянауыл	81	253	188

На рисунке 3.9 представлено пространственное распределение сумм осадков за теплый период года. В целом с севера на юг области суммы осадков уменьшаются от 220 до 200 мм, исключение составляет горные районы на юго-западной части области, где сумма осадков достигает 250 мм.

В таблице 3.34 приведена обеспеченность сумм осадков за период май-август (R_{5-8}). На севере области в период активной вегетации сельскохозяйственных культур в среднем выпадают 144 мм осадков, т.е. в 5 годах из 10 лет выпадают 144 мм осадков (обеспеченность 144 мм осадков составляет 50%). На 90% обеспечено 85 мм осадков, т.е. такие осадки выпадают в 9 годах из 10 лет, а на 100% обеспечено 55 мм. В центральной части области за май-август месяцы на 90% обеспечено суммы осадков в пределах 80 мм, а на 10% обеспечено осадки 190-220 мм. На юге области за май-август на 90% обеспечено суммы осадков в пределах 85 мм, а на 10% обеспечено осадки 180 мм. Однако на юго-востоке области, в районе МС Баянауыл больше выпадают осадков, и на 90% обеспечено 124 мм.

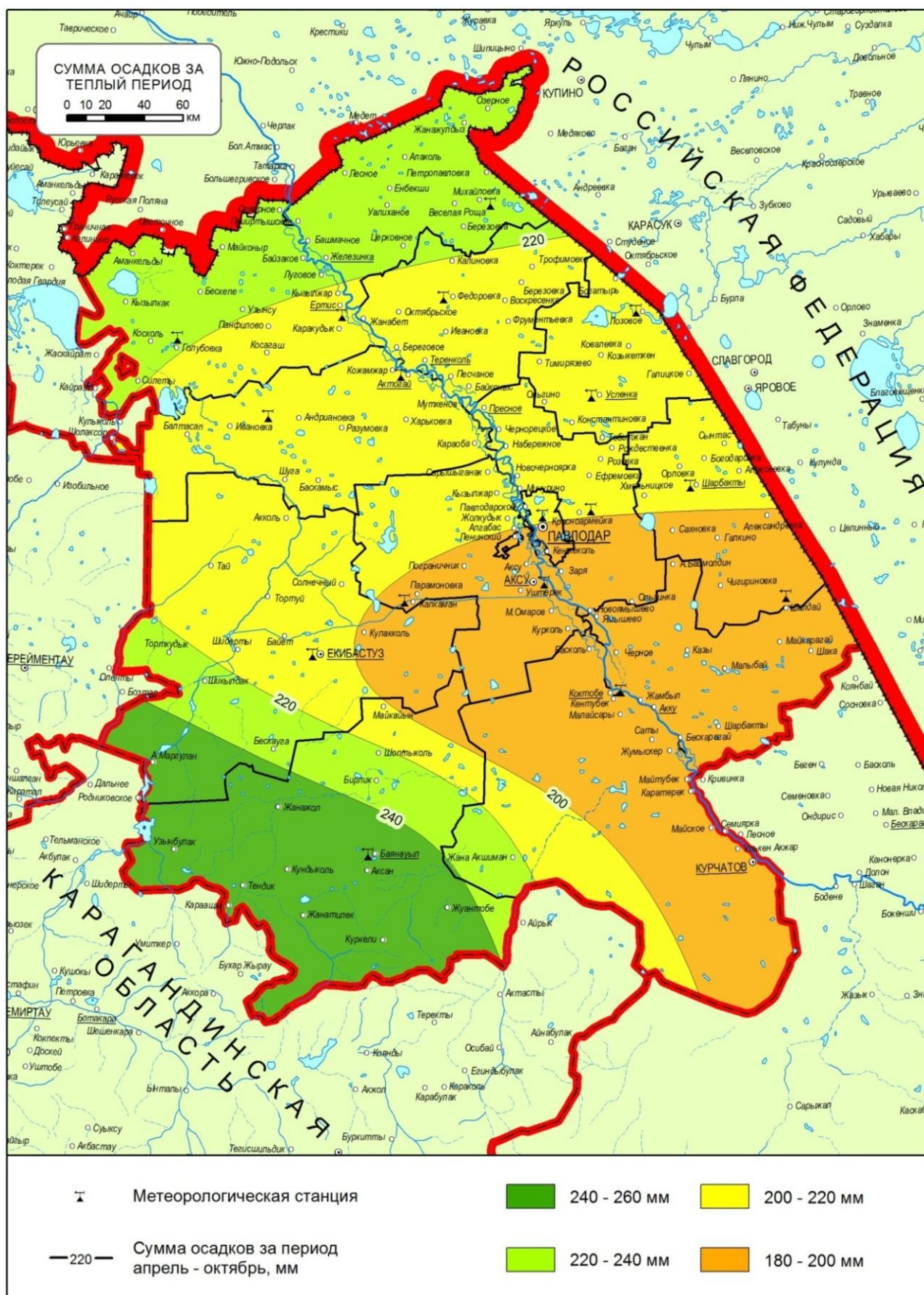


Рисунок 3.9 – Сумма осадков за теплый период года

Таблица 3.34 – Обеспеченность (Р) сумм осадков за период май-август (R_{5-8}), %

НП (МС)	Р, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Михайловка	265	213	195	169	144	133	129	101	76	55
Федоровка	244	192	167	164	142	122	113	100	89	61
Ертис	233	198	173	150	138	133	119	103	88	60
Лозовое	209	178	166	154	153	139	124	111	83	47
Голубовка	219	193	185	167	147	133	116	106	91	57
Актогай	247	223	168	152	141	132	105	83	75	61
Успенка	221	183	170	168	136	126	111	92	73	38
Жолболды	213	197	179	165	152	126	111	95	74	63
Шарбакты	198	165	155	146	139	126	121	102	92	77
Красноармейка	184	165	145	130	121	114	110	104	78	50
Павлодар	222	173	168	158	135	125	120	97	75	65
Шалдай	169	156	140	127	124	117	107	100	88	79
Екибастуз	211	189	172	148	145	135	125	106	89	66
Коктобе	187	156	149	142	131	121	116	102	85	41
Баянауыл	259	237	212	198	179	160	156	148	124	89

Надо отметить, что по данным [61] среднегодовое значение годовой испаряемости по территории Павлодарской области растет с севера на юг от 700 до 1100 мм.

Оценка увлажненности вегетационного периода

Для оценки влагообеспеченности сельскохозяйственных культур часто прибегают к косвенным показателям, в частности к расчету коэффициента увлажнения. Соответственно нами для оценки влагообеспеченности сельскохозяйственных культур в период их активной вегетации (май-август) был использован коэффициент увлажнения - К.

В среднем за многолетний период по территории Павлодарской области коэффициент увлажнения К составляет 0,84 до 0,62 (таблица 3.35). Однако в районе гор Баянауыл и Кызылтау имеет высокое значение ($K=0,93$).

Таблица 3.35 – Влагообеспеченность по коэффициенту увлажнения К

НП (МС)	К	Оценка влагообеспеченности
Михайловка	0,84	Достаточная, но не устойчивая
Федоровка	0,76	Недостаточная влагообеспеченность
Ертис	0,75	Недостаточная влагообеспеченность
Лозовое	0,73	Недостаточная влагообеспеченность
Голубовка	0,80	Достаточная, но не устойчивая
Актогай	0,71	Недостаточная влагообеспеченность
Успенка	0,73	Недостаточная влагообеспеченность
Жолболды	0,72	Недостаточная влагообеспеченность
Шарбакты	0,71	Недостаточная влагообеспеченность
Красноармейка	0,62	Недостаточная влагообеспеченность
Павлодар	0,74	Недостаточная влагообеспеченность
Шалдай	0,65	Недостаточная влагообеспеченность
Екибастуз	0,70	Недостаточная влагообеспеченность
Коктобе	0,67	Недостаточная влагообеспеченность
Баянауыл	0,93	Достаточная, но не устойчивая

На рисунке 3.10 представлено пространственное распределение коэффициента увлажнения К. По значениям К влагообеспеченность вегетационного периода оценивается как «достаточная, но не устойчивая» в северной, северо-западной и юго-западной частях области (от МС Михайловка, Голубовка, Баянауыл). На остальной территории области влагообеспеченность вегетационного периода оценивается как «недостаточная».

В таблице 3.36 приведена различная обеспеченность значений коэффициента увлажнения К. На всей территории области на 90% обеспечено значение К = 0,40-0,54, т.е. в 9 годах из 10 влагообеспеченность характеризуется как «умеренный дефицит влаги».

Таблица 3.36 – Обеспеченность (Р) значений коэффициента увлажнения К, %

НП (МС)	Р, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Михайловка	1,31	1,06	0,97	0,83	0,81	0,73	0,67	0,56	0,47	0,40
Федоровка	1,14	0,91	0,88	0,76	0,73	0,66	0,59	0,52	0,46	0,33
Ертис	1,08	0,93	0,79	0,73	0,69	0,66	0,60	0,51	0,46	0,32
Лозовое	1,02	0,91	0,82	0,76	0,73	0,69	0,65	0,59	0,51	0,34
Голубовка	1,07	1,03	0,94	0,85	0,79	0,67	0,65	0,62	0,54	0,34
Актогай	1,17	0,98	0,85	0,76	0,71	0,70	0,52	0,46	0,41	0,34
Успенка	1,05	0,92	0,85	0,76	0,73	0,67	0,61	0,56	0,41	0,33
Жолболды	0,99	0,92	0,86	0,80	0,76	0,67	0,56	0,53	0,42	0,34
Шарбакты	1,05	0,79	0,74	0,72	0,70	0,66	0,60	0,54	0,48	0,44
Красноармейка	0,97	0,77	0,72	0,66	0,61	0,54	0,52	0,48	0,40	0,30
Павлодар	1,06	0,90	0,85	0,78	0,73	0,66	0,61	0,53	0,48	0,40
Шалдай	0,86	0,77	0,71	0,65	0,60	0,58	0,54	0,52	0,50	0,42

3.4.5 Засушливость вегетационного периода

В условиях Казахстана при оценке влагообеспеченности вегетационного периода также необходимо оценить климатическую засушливость вегетационного периода. Поэтому нами была проведена оценка засушливости вегетационного периода по ГТК, рассчитанный за период май–август (ГТК₅₋₈).

Согласно нашим расчетам, в период активной вегетации растений только район МС Баянауыл (горы Баянауыл и Кызылтау), где ГТК превышает 0,80, является «не засушливой». Северная половина области, а также западная и юго-западная части области являются «слабо засушливыми», где в период активной вегетации растений ГТК составляет в пределах 0,60-0,79. Юго-восточная часть области, включая Павлодар, Акжол, Коктобе, Шалдай, где ГТК в пределах 0,50-0,59, являются «умеренно засушливыми» (таблица 3.37, рисунок 3.11).

Таблица 3.37 – Средние значения ГТК за период май-август и оценка засушливости

НП (МС)	ГТК ₅₋₈	Оценка засушливости
Михайловка	0,75	Слабо засушливо
Федоровка	0,70	Слабо засушливо
Ертис	0,69	Слабо засушливо
Лозовое	0,67	Слабо засушливо
Голубовка	0,72	Слабо засушливо
Актогай	0,66	Слабо засушливо
Успенка	0,64	Слабо засушливо
Жолболды	0,66	Слабо засушливо
Шарбакты	0,63	Слабо засушливо
Красноармейка	0,57	Умеренно засушливо
Павлодар	0,63	Слабо засушливо
Шалдай	0,57	Умеренно засушливо
Екибастуз	0,65	Слабо засушливо
Коктобе	0,58	Умеренно засушливо
Баянауыл	0,86	Не засушливо

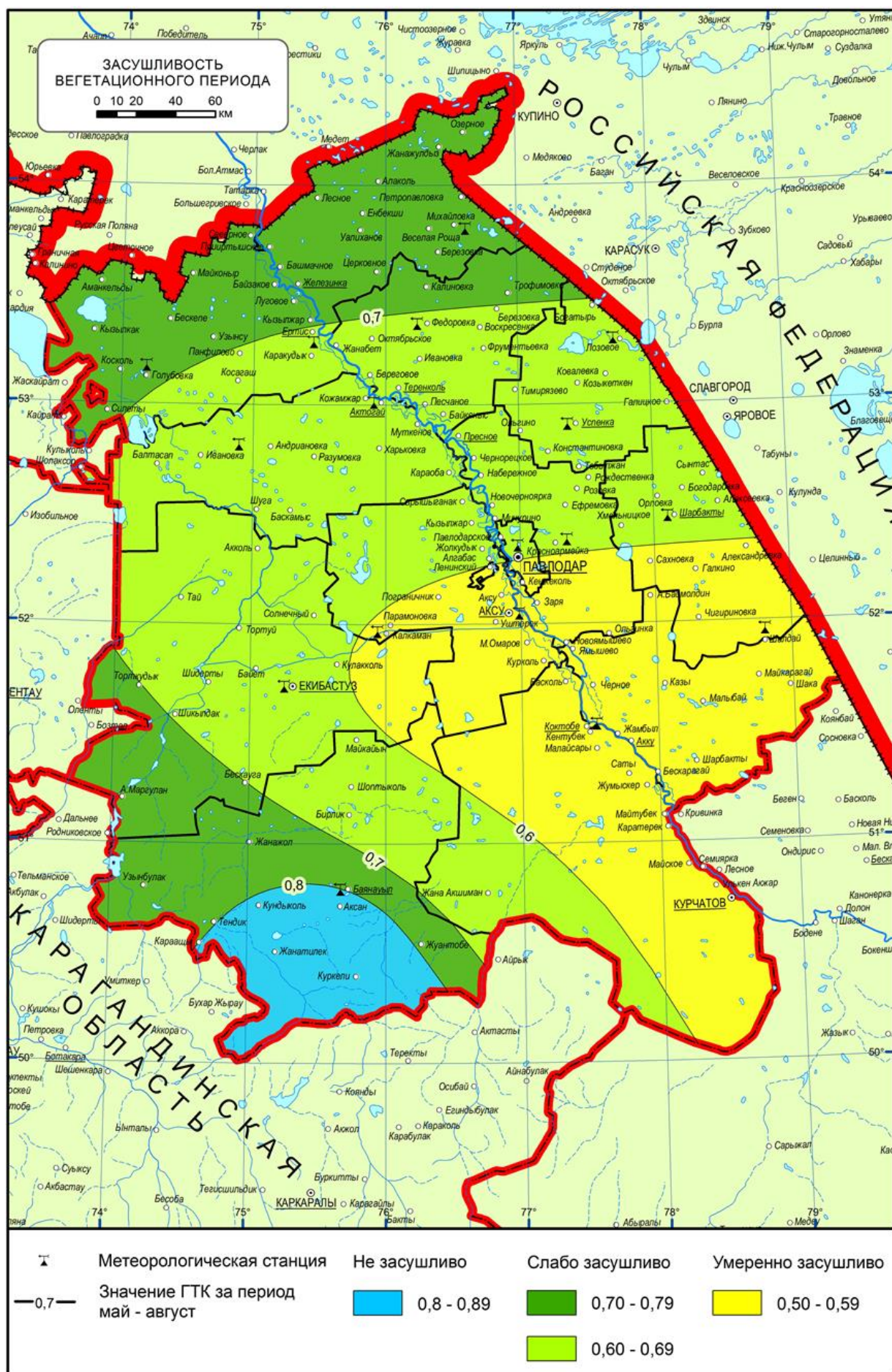


Рисунок 3.11 – Засушливость вегетационного периода

3.5 Биоклиматический потенциал

Для комплексной оценки почвенно–климатического потенциала с помощью имитационной системы «Климат–Почва–Урожай» был рассчитан биоклиматический потенциал (БПК) территории области.

Вычислительная система «Климат–Почва–Урожай» (Россия, ГУ «ВНИИСХМ»), основу которой составляет динамическая модель продукционного процесса и водно–теплового режима агроценоза «Погода–Урожай», позволяет вести расчёт биоклиматического потенциала (БПК) территории. В качестве входной информации используются данные метеорологических и агрометеорологических наблюдений, а также данные о водно–физических свойствах почвы и уровне её плодородия.

В нашем случае БПК характеризует урожайность яровой пшеницы (ц/га) при естественном увлажнении территории. Для расчета БПК были использованы среднемесячные данные метеорологических станций области.

В таблице 3.38 представлены значения биоклиматического потенциала по метеорологическим станциям области. Наибольшее значение БПК более 40 ц/га соответствует юго-западной окраине области (МС Баянауыл). Северная половина области, выше широты г. Павлодар имеет значение БПК в пределах 35-40 ц/га, а южная половина области до Баянауылских гор имеет значение БПК в пределах 30-35 ц/га.

Таблица 3.38 – Биоклиматический потенциал при естественном увлажнении (ц/га)

НП (МС)	БПК при естественном увлажнении, ц/га
Михайловка	38
Федоровка	36
Ертис	35
Лозовое	35
Голубовка	37
Актогай	35
Успенка	36
Жолболды	36
Шарбакты	35
Красноармейка	35
Павлодар	37
Шалдай	33

На рисунке 3.12 представлено пространственное распределение БПК по территории Павлодарской области. Значение БПК зависит от климатических и почвенных условий. Если пространственное распределение климатических показателей более устойчивы по территории, то почвенные показатели (тип, мех состав, балл бонитет) распределяются не равномерно. Поэтому изолинии БПК характеризуют общую закономерность их пространственного распределения по территории области.

Анализ показал, что максимальная урожайность яровой пшеницы по административным районам области составляет около 50% от БПК. Это означает, что в области верхний уровень использования биоклиматического потенциала составляет примерно 50%. Это указывает на недостаточно высокий уровень земледелия, но в то же время – на имеющийся потенциал. К примеру, западноевропейский уровень использования БПК составляет 80–85 %.

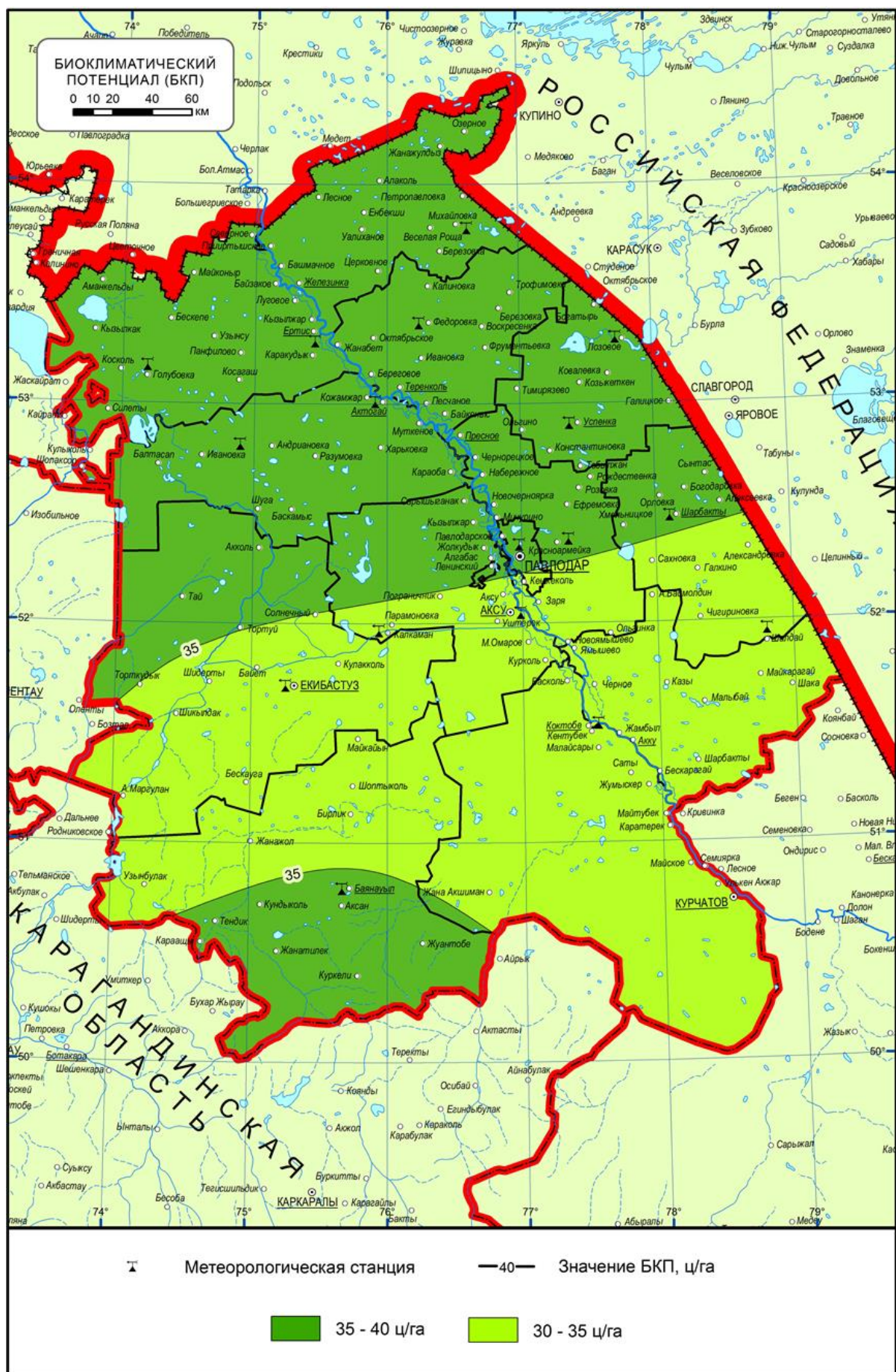


Рисунок 3.12 – Биоклиматический потенциал территории Павлодарской области

3.6 Режим влажности воздуха

Влажность воздуха также влияет на процесс роста, развития и созревания сельскохозяйственных культур. Низкая влажность воздуха в период вегетации, означающая сухость воздуха вызывает интенсивное испарение и отрицательно влияет на растение и может привести к щуплости зерна (захват зерна). Влажность воздуха ниже 30% является признаком засушливости. Высокая влажность воздуха в период уборки урожая может привести к прорастанию зерна в валках. От влажности воздуха также зависит работа комбайна и его производительность.

На территории Павлодарской области приземный атмосферный воздух является достаточно влажным. Средняя годовая относительная влажность воздуха колеблется около 70% и уменьшается с севера на юг (таблица 3.39). Относительная влажность воздуха растет от лета к зиме (рисунок 3.13). Наименьшие значения относительной влажности воздуха наблюдаются в мае-июне (51-56%). В зимние месяцы относительная влажность воздуха повышается до 80% и выше.

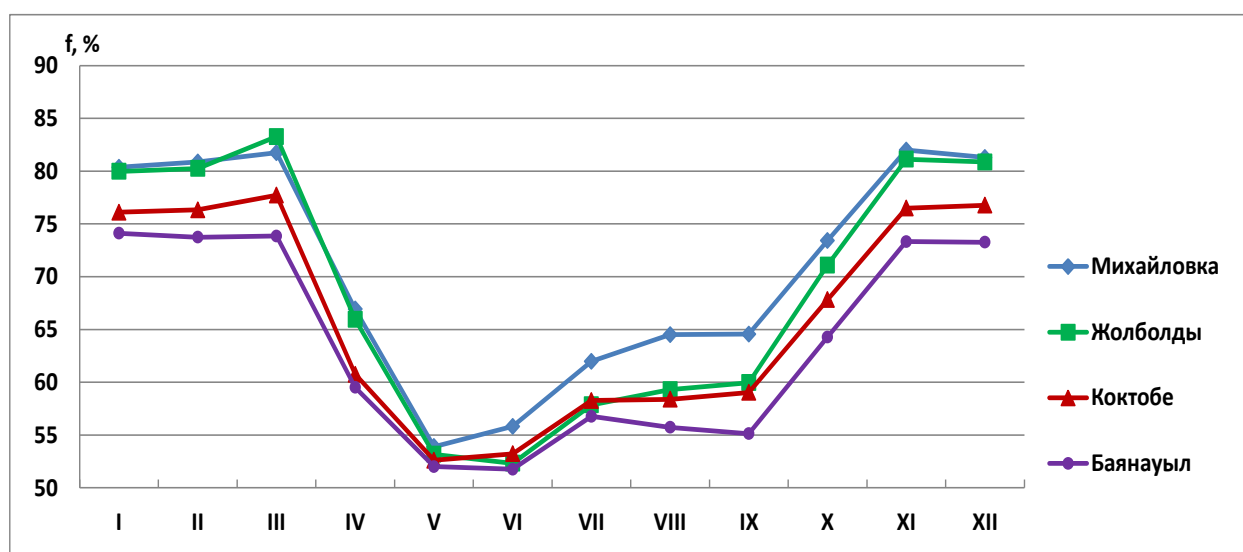


Рисунок 3.13 – Годовой ход относительной влажности воздуха

Таблица 3.39 – Месячная и годовая относительная влажность воздуха, %.

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Михайловка	80	81	82	67	54	56	62	65	65	73	82	81	71
Федоровка	79	79	81	66	53	55	61	64	64	73	81	80	70
Ертис	75	75	75	66	54	53	57	60	62	69	76	76	66
Лозовое	81	82	84	67	53	55	62	64	64	74	83	83	71
Голубовка	80	80	82	67	54	54	59	61	63	73	81	81	70
Актогай	80	80	82	64	52	54	61	62	62	71	81	80	69
Успенка	80	81	82	63	51	53	59	61	62	71	81	81	69
Жолболды	80	80	83	66	53	52	58	59	60	71	81	81	69
Шарбакты	81	80	81	62	49	51	58	58	60	71	81	81	68
Красноармейка	80	80	81	62	52	51	58	59	61	70	80	80	68
Павлодар	79	79	80	62	54	55	60	61	62	71	80	80	68
Шалдай	79	78	77	61	53	54	59	59	60	70	78	79	67
Екибастуз	78	78	77	60	52	51	57	57	57	66	77	76	65
Коктобе	76	76	78	61	53	53	58	58	59	68	77	77	66
Баянауыл	74	74	74	60	52	52	57	56	55	64	73	73	64

3.7 Режим ветра

Ветровой режим также оказывает определенное влияние на растение. Ветер способствует интенсивному испарению почвенной влаги. При высокой температуре воздуха умеренный ветер вызывает суховей. Сильный ветер может привести к полеганию посевов.

По территории Павлодарской области скорость ветра распределяется не равномерно. В течение года скорость ветра ослабевает летом, а к зиме - усиливается (рисунок 3.14). Наибольшие скорости ветра наблюдаются в районе с. Актогай – с. Жолболды, где среднегодовая скорость ветра составляет 4,3 м/с. Наименьшая скорость ветра наблюдается в районе с. Ертис, где среднегодовая скорость ветра равна 2,6 м/с (таблица 3.40).

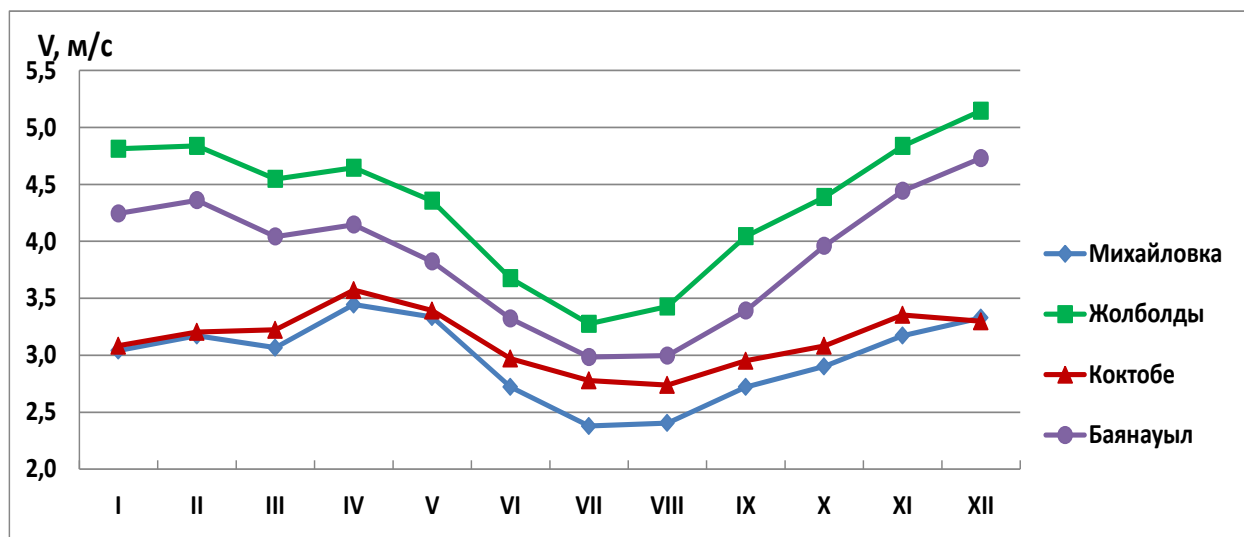


Рисунок 3.14 – Годовой ход средних месячных скоростей ветра

Таблица 3.40 – Средняя за месяц и за год скорость ветра, м/с

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Михайловка	3,0	3,2	3,1	3,4	3,3	2,7	2,4	2,4	2,7	2,9	3,2	3,3	3,0
Федоровка	3,6	3,8	3,6	3,9	3,6	3,0	2,7	2,7	3,0	3,3	3,6	3,8	3,4
Ертис	2,8	2,9	2,8	3,1	3,0	2,3	1,8	1,9	2,4	2,4	2,8	3,0	2,6
Лозовое	3,4	3,4	3,4	3,8	3,6	3,1	2,7	2,7	3,1	3,2	3,5	3,6	3,3
Голубовка	3,7	3,8	3,7	3,9	3,8	3,3	3,0	3,0	3,3	3,3	3,7	3,8	3,5
Актогай	4,6	4,8	4,6	4,8	4,5	3,7	3,1	3,4	3,9	4,3	4,7	4,9	4,3
Успенка	3,1	3,3	3,2	3,6	3,5	2,9	2,5	2,4	2,7	2,9	3,3	3,3	3,1
Жолболды	4,8	4,8	4,5	4,6	4,4	3,7	3,3	3,4	4,0	4,4	4,8	5,1	4,4
Шарбакты	3,9	4,0	4,0	4,3	4,1	3,6	3,2	3,3	3,6	3,8	4,2	4,2	3,8
Красноармейка	3,4	3,5	3,4	3,8	3,5	3,0	2,7	2,7	3,0	3,2	3,6	3,7	3,3
Павлодар	3,0	3,2	3,3	3,7	3,3	2,9	2,7	2,6	2,8	2,9	3,2	3,2	3,1
Шалдай	3,1	3,2	3,3	3,5	3,3	2,9	2,5	2,5	2,7	3,0	3,4	3,5	3,1
Екибастуз	4,3	4,5	4,2	4,5	4,2	3,6	3,3	3,3	3,7	4,0	4,3	4,5	4,0
Коктобе	3,1	3,2	3,2	3,6	3,4	3,0	2,8	2,7	3,0	3,1	3,4	3,3	3,1
Баянауыл	4,2	4,4	4,0	4,1	3,8	3,3	3,0	3,0	3,4	4,0	4,4	4,7	3,9

Рассмотрим повторяемость направления ветра и штиля на 4 МС, расположенных на севере, в центре и на юге области. Повторяемость штиля (безветрие) за год составляет в районе МС Михайловка 4%, МС Жолболды – 11%, МС Коктобе – 9%, МС Баянауыл – 25% (таблица 3.41).

Повторяемость направлений ветра по 8 румбам и построенные на их основе розы ветров показали, что преобладающие направления ветров на рассматриваемых станциях почти схожи. На МС Михайловка, Жолболды и Коктобе в январе преобладает юго-западный

(ЮЗ) ветер, в июле – северный (С), а в среднем за год – западный (З) и юго-западный (ЮЗ) ветра. (таблица 3.40 и рисунки 3.15 – 3.17). На МС Баянауыл, расположенной на восточной стороне Баянауылских гор, в январе, июле и в среднем за год ветер дует с запада (З), т.е. со стороны гор (таблица 3.41 и рисунок 3.15-3.18).

Таблица 3.41 – Повторяемость направления ветра и штиля, %

НП (МС)	Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
Михайловка	I	4	5	10	10	26	31	10	4	3
	VII	19	14	13	7	10	10	14	13	6
	год	9	8	9	8	18	23	16	9	4
Жолболды	I	2	3	6	13	13	32	26	5	10
	VII	16	16	13	9	7	8	15	16	16
	год	8	7	9	10	11	21	23	11	11
Коктобе	I	2	3	4	19	17	24	22	9	2
	VII	20	19	9	8	4	8	15	17	20
	год	9	9	6	12	11	16	23	14	9
Баянауыл	I	0	2	4	1	1	26	62	4	30
	VII	10	12	12	3	2	8	34	19	24
	год	5	7	9	2	2	18	46	11	25

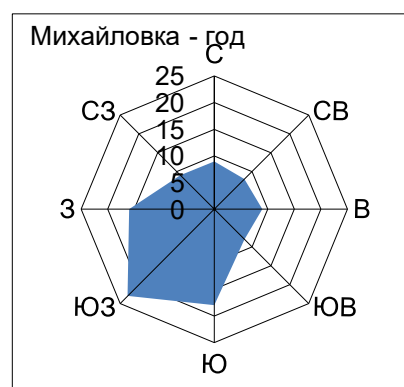
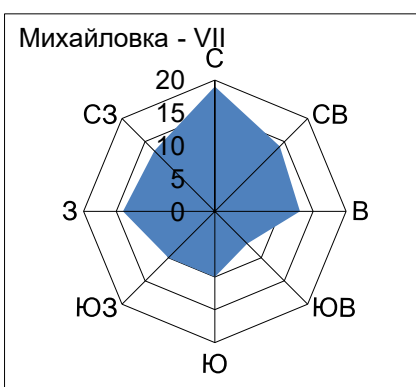
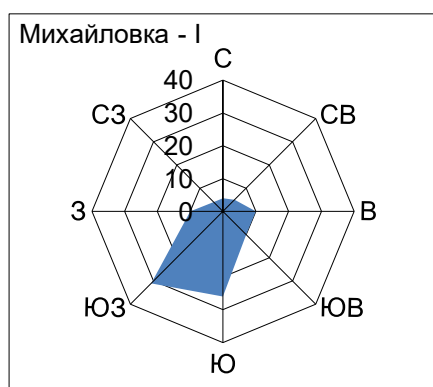


Рисунок 3.15 – Роза ветров на МС Михайловка

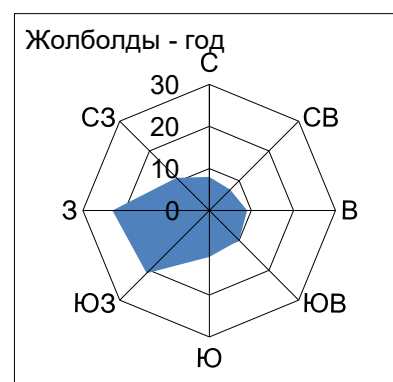
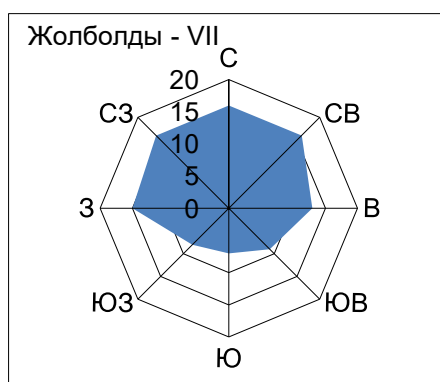
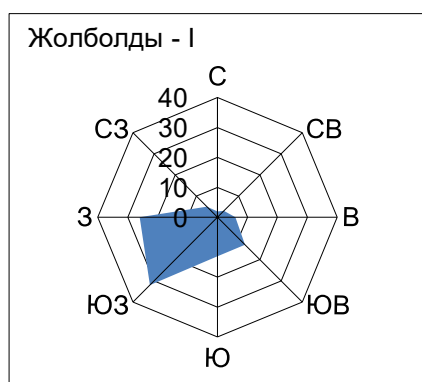


Рисунок 3.16 – Роза ветров на МС Жолболды

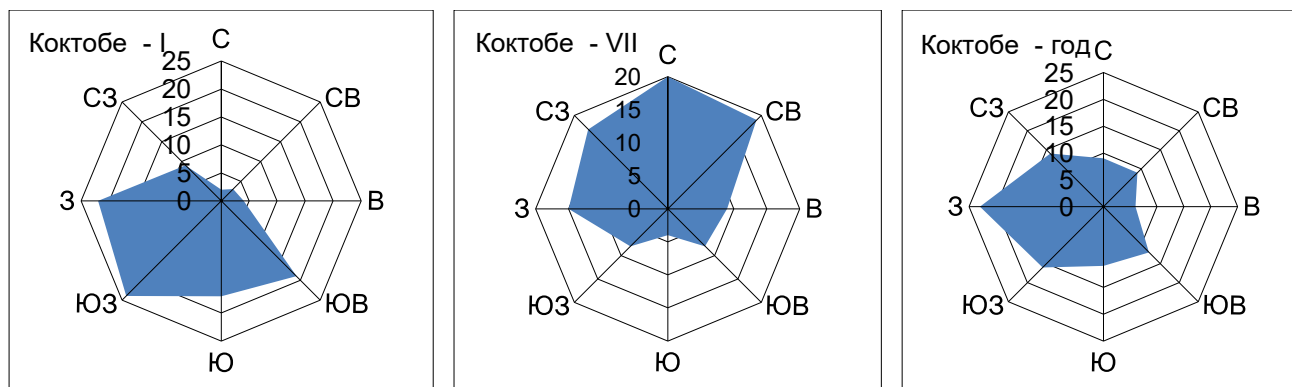


Рисунок 3.17 – Роза ветров на МС Коктобе

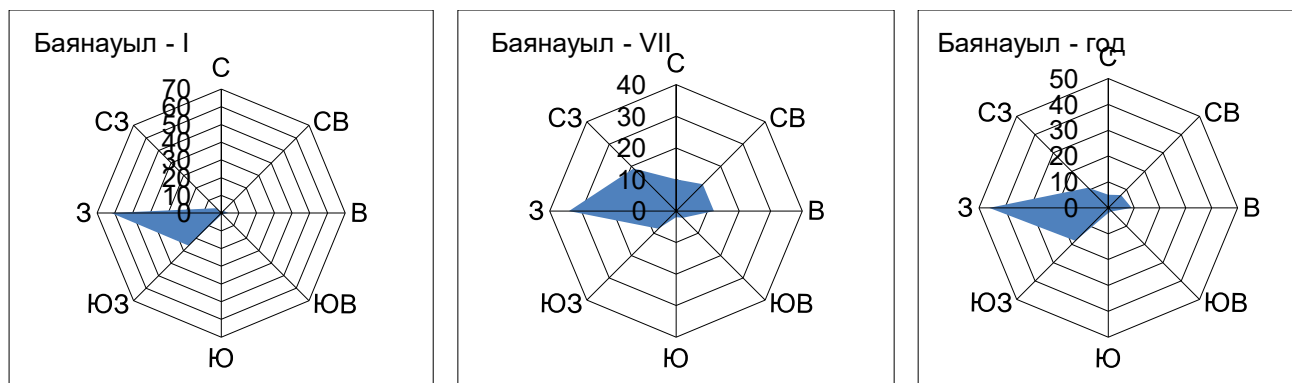


Рисунок 3.18 – Роза ветров на МС Баянауыл

При рассмотрении режима ветра большое значение имеет его энергетический ресурс. Для ветроэнергетики особый интерес представляет распределение скоростей ветра по градациям скорости. Например, скорость ветра менее 3,0 м/с является бесперспективной для ветроэнергетических установок, 3,0–3,5 м/с – малоперспективной, 3,5–4,0 м/с – перспективной для маломощных установок, более 4,0 м/с – перспективной [62, 63].

В таблице 3.42 приведена повторяемость среднемесячных скоростей ветра по двум градациям. На рассматриваемых нами МС повторяемость благоприятных для работы ветроэнергетических установок скоростей ветра ($\geq 4,0$ м/с) в среднем за год составляет от 37% на МС Михайловка до 58% на МС Жолболды.

Таблица 3.42 – Повторяемость скорости ветра по градациям, %

Градация, м/с	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
МС Михайловка													
0-3,9	46	59	65	55	56	63	75	73	67	63	59	60	63
$\geq 4,0$	54	41	35	45	44	37	25	27	33	37	41	40	37
МС Жолболды													
0-3,9	35	35	42	39	41	48	56	52	45	38	35	35	42
$\geq 4,0$	65	65	58	61	59	52	44	48	55	62	65	65	58
МС Коктобе													
0-3,9	58	57	60	53	56	63	67	67	62	60	58	59	60
$\geq 4,0$	42	43	40	47	44	37	33	33	38	40	42	41	40
МС Баянауыл													
0-3,9	52	50	54	50	51	59	62	65	60	53	49	50	55
$\geq 4,0$	48	50	46	50	49	41	38	35	40	47	51	50	45

Для расчета средней удельной мощности ветрового потока (ветроэнергетического потенциала на 1 м^2 - $N_{\text{ср}}$) по средней скорости ветра (V) можно использовать формулу [64]:

$$N_{\text{ср}} = 1,16 \cdot V^3 \quad (3.1)$$

Расчеты показали, что среднегодовой ветроэнергетический потенциал составляет $100 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$ только на МС Жолболды. На МС Актогай в среднегодовом составляет $90 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$, превышает $100 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$ в холодный период года. На остальных МС ветроэнергетический потенциал составляет менее $80 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$ (таблица 3.43). В районе МС Жолболды, где наблюдается наибольшая скорость ветра, ветроэнергетический потенциал максимума достигает в декабре ($158 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$), а минимума - в июле ($36 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$).

При таком среднегодовом ветроэнергетическом потенциале ($100 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{с}$), его суточное значение на 1 м^2 рабочей поверхности составляет $8,2 \text{ МВт/м}^2 \cdot \text{сут}$, а годовое – $2934 \text{ МВт/м}^2 \cdot \text{год}$.

Таблица 3.43 – Удельная мощность ветрового потока, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{с}$

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Михайловка	33	37	33	47	43	23	16	16	23	28	37	43	31
Федоровка	55	62	54	69	55	32	23	23	31	42	54	65	45
Ертис	24	28	24	36	31	15	7	8	15	16	25	30	20
Лозовое	44	47	44	62	55	36	22	23	33	37	50	53	41
Голубовка	58	64	57	69	64	41	32	32	41	44	59	64	51
Актогай	113	125	110	129	108	58	36	44	69	90	118	137	90
Успенка	33	41	39	54	48	29	17	17	24	28	40	42	33
Жолболды	129	131	109	116	96	58	41	101	77	98	131	158	100
Шарбакты	69	74	72	92	81	55	40	41	53	62	83	89	66
Красноармейка	45	52	44	63	51	33	24	24	31	36	55	57	42
Павлодар	30	38	40	57	42	29	22	22	24	28	38	38	33
Шалдай	34	39	41	48	43	28	18	17	24	33	45	48	34
Екибастуз	95	103	88	105	87	55	41	42	58	73	91	108	76
Коктобе	34	38	39	53	45	30	25	24	30	34	44	42	36
Баянауыл	89	96	77	83	65	43	31	31	45	72	102	123	67

Надо отметить, что эти величины ветровой энергии являются верхними пределами запасов ветровых ресурсов, так как не учитывают потерей преобразования при работе ветровых установок. На практике используется лишь определенная часть потенциального ветроэнергетического ресурса, которая называется техническим ветроэнергетическим ресурсом, и зависит от характеристик конкретной ветровой установки.

Для более эффективного использования ветровой энергии, ветровые установки устанавливаются на больших высотах, нежели флюгарка ветроизмерительного прибора. Большие высоты обладают еще большим ветроэнергетическим потенциалом, так как скорость ветра с высотой увеличивается по логарифмическому закону. Например, скорость ветра на высоте 30 м выше в 1,7 раза, на высоте 100 м – 2,4 раза, чем на высоте 10 м [62].

Для практических целей большой интерес представляют и максимальные скорости ветра, так как при очень больших скоростях ветра ветряные установки необходимо отключать, с целью предотвращения их разрушения. В зависимости от конструкции они имеют различные пределы рабочего диапазона. Как видно из таблицы 3.44 максимальные скорости ветра и наибольшие порывы ветра наблюдаются в районе МС Баянауыл, где в течение года месячные максимальные скорости ветра колеблются от 24 до 34 м/с, а порывы до 50 м/с.

Надо отметить, что максимальные скорости ветра также важны для сельского хозяйства, строительства и другой деятельности человека. Сильные ветры при определенных условиях могут принести значительный ущерб населению и хозяйственной деятельности. Особенно неблагоприятны для сельского хозяйства такие явления как ветровая эрозия и суховеи.

Таблица 3.44 – Максимальная скорость и порывы ветра, м/с

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Михайловка	20 (24)	20 (22)	17 (20)	15 (20)	15 (20)	17 (20)	13 (15)	12 (15)	14 (15)	16 (20)	15 (20)	15 (20)	20 (24)
Жолболды	24 (28)	22 (27)	22 (27)	22 (31)	20 (24)	18 (22)	20 (27)	15 (21)	16 (22)	22 (27)	22 (31)	22 (27)	24 (31)
Коктобе	17 (21)	20 (25)	17 (21)	26 (28)	20 (25)	18 (23)	14 (22)	17 (24)	15 (23)	17 (24)	17 (24)	16 (20)	26 (28)
Баянауыл	34 (40)	28 (34)	28 (40)	34 (40)	26 (42)	28 (40)	24 (28)	24 (36)	26 (30)	30 (43)	34 (40)	34 (50)	34 (50)

3.8 Температурный режим почвы

От температурного режима почвы зависит сроки проведения весенних полевых работ и сева сельскохозяйственных культур, их рост и развитие. Поэтому особо важным является температурный режим почвы в начале вегетационного периода.

В таблице 3.45 приведены данные по температуре поверхности почвы на период проведения весенне-полевых работ и сева сельскохозяйственных культур. Например, в мае средняя месячная температура поверхности почвы по области колеблется от 4-6°C (утром) до 30-39°C (после полудня), и в среднем составляет 16-19°C.

Таблица 3.45 – Температура поверхности почвы, °C

НП (МС)	Апрель			Май			Июнь		
	ср	ср. макс	ср. мин	ср	ср. макс	ср. мин	ср	ср. макс	ср. мин
Михайловка	5	16	-3	16	33	5	23	42	11
Федоровская	5	18	-3	17	36	4	24	44	11
Ертис	5	14	-3	16	30	5	23	39	11
Лозовое	5	17	-3	17	35	4	24	44	11
Голубовка	5	17	-3	16	33	4	23	41	11
Актогай	5	19	-2	17	36	5	25	45	11
Успенка	6	20	-2	18	37	5	25	46	12
Жолболды	5	17	-2	17	36	5	25	45	11
Шарбакты	6	20	-2	18	37	5	25	46	12
Красноармейка	7	20	-2	18	36	6	26	46	13
Павлодар	8	24	-2	19	39	5	26	48	11
Шалдай	6	19	-4	18	37	5	25	46	11
Екибастуз	7	20	-2	16	35	5	24	44	11
Коктобе	7	21	-2	18	35	6	25	43	12
Баянауыл	6	20	-3	16	35	4	23	44	10

В таблице 3.46 приведены данные по средней декадной температуре поверхности почвы. В среднем поверхность почвы прогревается в первой декаде мая до 13-16°C, в третьей декаде – до 18-21°C, а в июне – повсеместно превышает 20°C.

Таблица 3.46 – Средняя декадная температура поверхности почвы, °С

НП (МС)	Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Михайловка	0	6	9	13	16	18	21	24	25
Федоровская	0	6	10	14	17	19	22	25	26
Ертис	0	6	9	13	16	18	21	24	25
Лозовое	-1	6	9	14	17	19	22	25	26
Голубовка	0	5	9	13	16	18	20	23	25
Актогай	0	6	10	14	17	20	22	25	26
Успенка	1	7	11	15	19	20	23	26	27
Жолболды	-1	6	10	14	18	20	22	25	26
Шарбакты	1	7	11	15	18	20	22	25	27
Красноармейка	1	8	11	15	18	20	23	26	27
Павлодар	3	8	12	16	19	21	24	26	28
Шалдай	-1	6	11	15	19	21	23	26	27
Екибастуз	2	7	10	14	16	19	21	24	25
Коктобе	2	8	11	15	18	20	22	25	27
Баянауыл	1	7	10	14	17	18	21	24	25

В таблице 3.47 приведена средняя месячная температура пахотного слоя почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см, по коленчатым термометрам. В среднем за май месяц температура в верхнем 5 см слое почвы составляет около 15°С на севере и около 16°С на юге области, а на глубине 20 см – около 12°С и 14°С соответственно. В июне пахотный слой почвы прогревается в среднем за месяц до 22-23°С в 5 см глубине, до 20-21°С в 20 см глубине. Разница в температуре почвы севера и юга области составляет около 1°С.

Таблица 3.47 – Средняя месячная температура верхних слоев почвы (5, 10, 15 и 20 см), °С

НП (МС)	Май (глубина, см)				Июнь (глубина, см)			
	5	10	15	20	5	10	15	20
Михайловка	-	-	-	-	22,1	21,1	20,2	19,7
Ертис	14,9	14,1	13,2	12,2	22,4	21,4	20,6	19,9
Лозовое	14,8	13,9	13,0	12,1	22,8	21,7	20,7	19,8
Успенка	15,3	14,1	13,4	-	23,0	21,8	21,0	-
Жолболды	-	-	-	-	23,3	22,2	21,3	-
Красноармейка	16,0	15,4	14,8	14,2	23,3	22,6	21,9	21,3
Павлодар	15,7	15,0	14,2	13,6	22,7	21,8	21,1	20,5
Коктобе	-	-	-	-	23,4	22,4	21,6	-

Осенью с понижением температуры воздуха почвенный покров начинает промерзать с поверхности в глубь почвы. Весной после таяния снежного покрова в условиях повышения температуры воздуха почва начинает оттаивать, также с поверхности в глубь. Промерзание почвы является одним из факторов, обуславливающих перезимовку озимых культур и производства весенних полевых работ. Промерзание почвы зависит от множества факторов: типа и механического состава почвы, степени увлажнения, высоты снежного покрова, температуры воздуха, рельефа и т.д.

В северной половине Павлодарской области устойчивое промерзание почвы в среднем начинается в конце октября – начале ноября, в годы с холодной осенью – в первой декаде октября. Весной верхний 10 см слой почвы оттаивает в начале апреля, и почва полностью оттаивает в середине апреля – начале мая. Самая поздняя дата полного оттаивания почвы наблюдалась 31 мая на МС Ертис (таблица 3.48).

Таблица 3.48 – Даты начала устойчивого промерзания и полного оттаивания почвы

НП (МС)	Дата начала устойчивого промерзания почвы			Средние даты оттаивания на глубинах, см			Дата полного оттаивания почвы		
	средняя	самая ранняя	самая поздняя	10	20	30	средняя	самая ранняя	самая поздняя
Михайловка	04.11	13.10	21.12	07.04	09.04	11.04	23.04	24.03	07.05
Федоровская	04.11	01.10	21.11	31.03	08.04	09.04	02.05	21.04	27.05
Ертис	29.10	09.10	21.11	06.04	08.04	10.04	28.04	12.04	31.05
Лозовое	29.10	02.10	23.11	06.04	09.04	10.04	29.04	10.04	18.05
Голубовка	02.11	13.10	01.12	05.04	13.04	16.04	02.05	12.04	21.05
Успенка	30.10	09.10	12.11	03.04	07.04	11.04	27.04	10.04	15.06
Жолболды	03.11	12.10	27.11	06.04	06.04	08.04	14.04	29.03	07.05
Шарбакты	29.10	01.10	16.11	04.04	06.04	09.04	18.04	09.04	30.04
Красноармейка	30.10	10.10	21.11	02.04	06.04	07.04	14.04	31.03	27.05

На территории области в среднем глубина промерзания составляет в ноябре 38-67 см и нарастает к концу зимы, достигая глубины 123–161 см. Максимальная глубина промерзания превышает 150 см (таблица 3.49).

Таблица 3.49 – Глубина промерзания почвы, см

НП (МС)	Месяц					из максимальных за период		
	XI	XII	I	II	III	средняя	наибольшая	наименьшая
Михайловка	66	126	148	150	142	-	>150	-
Федоровская	55	104	128	123	122	-	>150	139
Ертисск	45	89	119	140	160	-	>150	97
Лозовое	64	117	134	147	>150	-	>150	-
Голубовка	44	93	118	128	129	-	>150	93
Успенка	47	97	119	132	137	-	>150	141
Жолболды	38	76	107	117	117	-	>150	56
Шарбакты	56	112	146	150	>150	-	>150	107
Красноармейка	67	116	142	161	151	-	>150	81

4. НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

4.1 Засуха

Для оценки засухи в Казахстане можно использовать запасы влаги в почве, ГТК, коэффициент увлажнения К и урожайность яровой пшеницы. В связи с ограниченностью данных по запасам влаги оценку засухи проведем по ГТК и урожайности яровой пшеницы.

В начале, засуху оценим по средней областной урожайности яровой пшеницы за период с 1966 по 2016 год. На основе расчета показателя доли погоды в формировании урожая пшеницы были определены годы с разной интенсивностью засухи. Далее были определены повторяемости засух средней и сильной интенсивности.

В таблице 4.1 приведены результаты расчетов, т.е. повторяемость засухи (снижающая урожай на 20% и более), умеренной засухи (снижающая урожай на 20-50%) и сильной засухи (снижающая урожай на 50% и более).

Таблица 4.1 – Повторяемость засухи за период 1966-2016 гг. (%)

Повторяемость, %			Вероятность, 1 раз в ... лет		
засуха	средняя засуха	сильная засуха	засуха	средняя засуха	сильная засуха
39	29	10	3	3	10

Таким образом, в Павлодарской области повторяемость засухи составляет 39%, т.е. засуха имеет вероятность проявления 1 раз в 3 года. Повторяемость сильной засухи, когда урожайность снижается на 50% и более составляет 10%, т.е. имеет вероятность проявления 1 раз в 10 лет.

Однако по территории области, в зависимости от распределения температуры воздуха и осадков, интенсивность и повторяемость засухи имеют неравномерное распределение. Поэтому для более подробного рассмотрения засухи используем ГТК.

Для оценки вероятности установления засухи, по данным МС Павлодарской области были рассчитаны ГТК за период май-август. В качестве засухи во внимание брались только умеренные и сильные засухи, согласно критериям интенсивности засухи по ГТК: сильная засуха – ГТК < 0,40; умеренная засуха – ГТК = 0,40-0,60. Далее по многолетнему ряду данных ГТК были определены повторяемость сильной засухи и повторяемость умеренной засухи. Для определения повторяемости засухи в целом суммировались повторяемости сильной и умеренной засух. Далее на основе повторяемости вычислялась вероятность установления засухи и сильной засухи. Результаты расчетов приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Повторяемость и вероятность установления засухи

НП (МС)	Повторяемость, %		Вероятность, 1 раз в ... лет	
	засуха	сильная засуха	засуха	сильная засуха
Михайловка	32	15	3	7
Федоровка	39	12	2	8
Ертис	40	12	3	9
Лозовое	34	10	3	10
Голубовка	38	7	3	14
Актогай	41	17	2	6
Успенка	46	17	2	6
Жолболды	40	15	2	7
Шарбакты	44	12	2	9
Красноармейка	49	16	2	6
Павлодар	47	18	2	6
Шалдай	65	18	2	6
Екибастуз	37	14	3	7
Коктобе	55	18	2	6
Баянауыл	13	-	8	-

В Павлодарской области с севера на юго-восток растет повторяемость засухи. На крайнем севере области повторяемость засухи составляет 32-40%, т.е. имеет вероятность установления 1 раз в 3 года. Но здесь повторяемость сильных засух, которые снижают урожайность культур на 50% и более, равняется 7-12%, т.е. она имеет вероятность 1 раз в 7-14 лет.

В центральной части области повторяемость засухи составляет 40-60%, т.е. имеет вероятность установления 1 раз в 2 года, а повторяемость сильных засух составляет 12-17% и имеет вероятность 1 раз в 6-9 лет.

В юго-восточной части области (МС Шалдай) повторяемость засухи превышает 60% и она может наблюдаться 1 раз в 2 года. Здесь повторяемость сильных засух составляет 18%, т.е. имеет вероятность 1 раз в 6 лет.

В южной части области повторяемость засухи имеет разные значения. В районе Баянауылских гор составляет 13% и наблюдаться 1 раз в 8 лет, а засухи сильной интенсивности здесь не бывает. На остальной территории юга области повторяемость засухи колеблется от 20 до 60%, а сильной засухи – в пределах 14-18%.

На рисунке 4.1 представлено пространственное распределение повторяемости засухи по территории Павлодарской области. Наименьшая повторяемость засухи (менее 20%) свойственна району Баянауылских гор. Повторяемость засухи уменьшается с северо-запада на юго-восток области. В северной и западной части области повторяемость составляет 20-40%, а на юго-востоке области в районе МС Шалдай – более 60%.

На рисунке 4.2 представлено пространственное распределение повторяемости сильной засухи, приводящее к снижению урожайности на 50% и более. Наименьшая повторяемость сильной засухи (менее 5%) свойственна району Баянауылских гор. Повторяемость сильной засухи уменьшается с северо-запада на юго-восток области. В северной и западной части области повторяемость составляет 5-10%, а на юго-востоке области в районе МС Шалдай – более 20%.

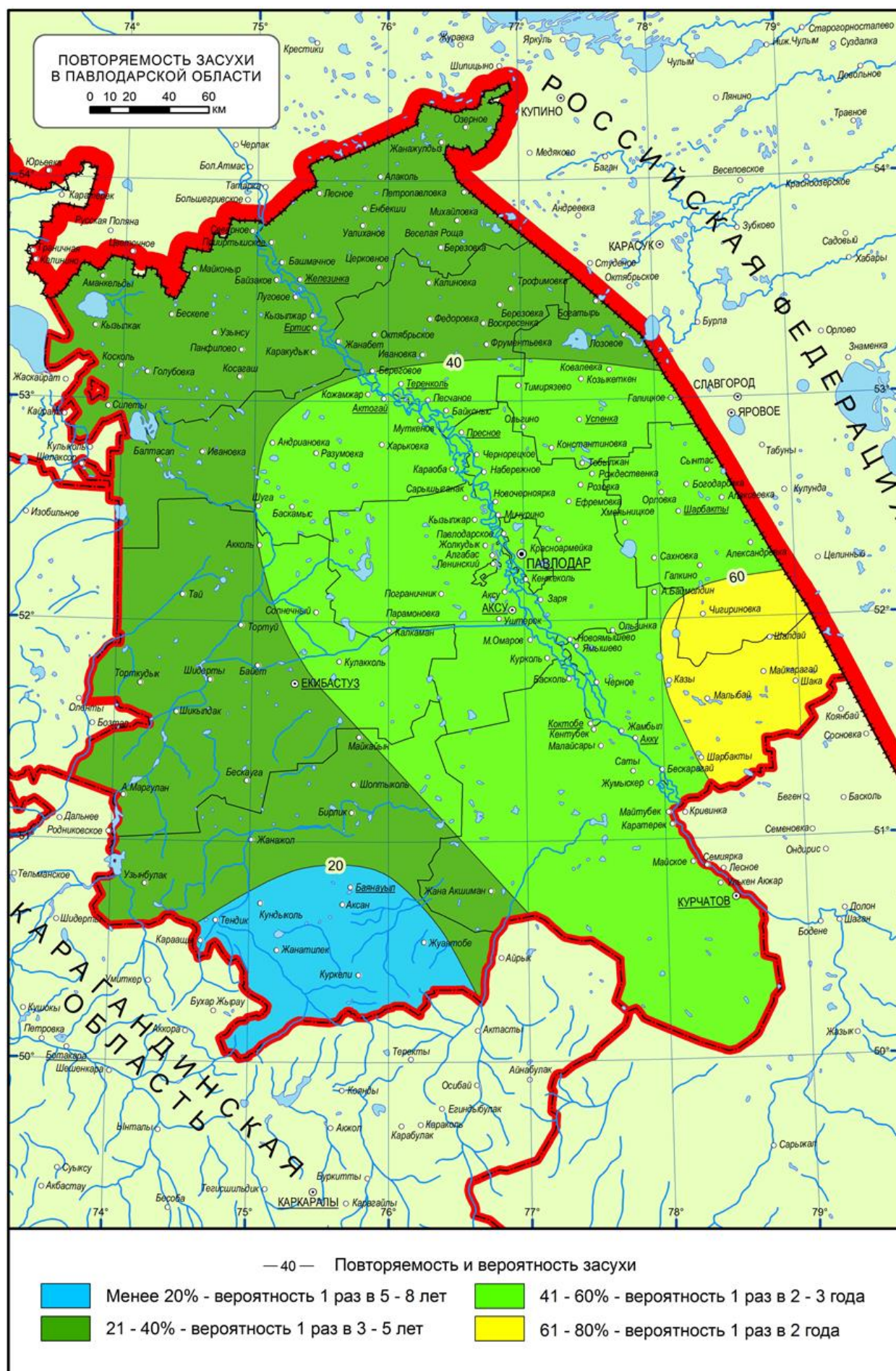


Рисунок 4.1 – Повторяемость засухи



Рисунок 4.2 – Повторяемость сильной засухи

4.2 Суховей

Суховей – сложное погодное явление, возникающее при скорости ветра более 5 м/с, высокой температуре воздуха более 25°C и влажности воздуха менее 20%, а при температуре 30°C более – скорость ветра 3 м/с и более. Под воздействием суховея происходит интенсивное испарение почвенной влаги, нарушение водного баланса растений и обезвоживание тканей растений. В результате растения засыхают и погибают, даже при достаточном запасе влаги в почве, так как корневая система не успевает подавать в наземную часть достаточное количество воды.

Согласно критериям оценки интенсивности суховея, день считается суховейным, если в околополуденное время дефицит влажности воздуха превышает 20 мб (слабый), 30 мб (умеренный) и 40 мб (интенсивный) при скорости ветра менее 8 м/с. Соответственно нами на основе средней за декаду максимального дефицита влажности воздуха были определены суховейные декады. Надо отметить, что максимальное значение дефицита влажности воздуха устанавливается в околополуденное время суток и в области летом средняя скорость ветра не превышает 8 м/с.

В таблице 4.3 представлено годовое количество суховейных дней слабой, умеренной и сильной интенсивности по Павлодарской области. В области суховея наблюдаются в теплый период года, с мая по сентябрь месяцы. Годовое количество суховейных дней колеблется от 54 дней на севере до 78 дней на юго-востоке области. Из них суховея умеренной интенсивности, оказывающее существенное отрицательное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, составляет на севере области 4-9 дней, в центральной и южной частях – 9-12 дней, а в районе Баянауылских гор – около 3 дней. Интенсивный суховей, когда дефицит влажности воздуха превышает 40 мб, наблюдается крайне редко, около 1 дня в году.

Таблица 4.3 – Годовое количество суховейных дней

НП (МС)	Количество суховейных дней			
	слабый	умеренный	интенсивный	всего
Михайловка	50	4	0	54
Федоровка	51	7	0	58
Ертис	53	7	0	60
Лозовое	49	6	0	55
Голубовка	51	9	0	60
Актогай	50	6	0	56
Успенка	58	10	0	68
Жолболды	57	11	1	69
Шарбакты	58	11	0	69
Красноармейка	57	12	0	69
Павлодар	60	9	0	69
Шалдай	59	10	0	69
Екибастуз	57	12	0	69
Коктобе	67	11	0	78
Баянауыл	54	3	0	57

На рисунке 4.3 представлено пространственное распределение по территории области среднегогодового количества дней в году с суховеями умеренной и сильной интенсивности. На севере, западе и юго-западе области в течение года суховейными бывают в среднем 5-10 дней, в центральной, восточной и юго-восточной частях - 10-20 дней.

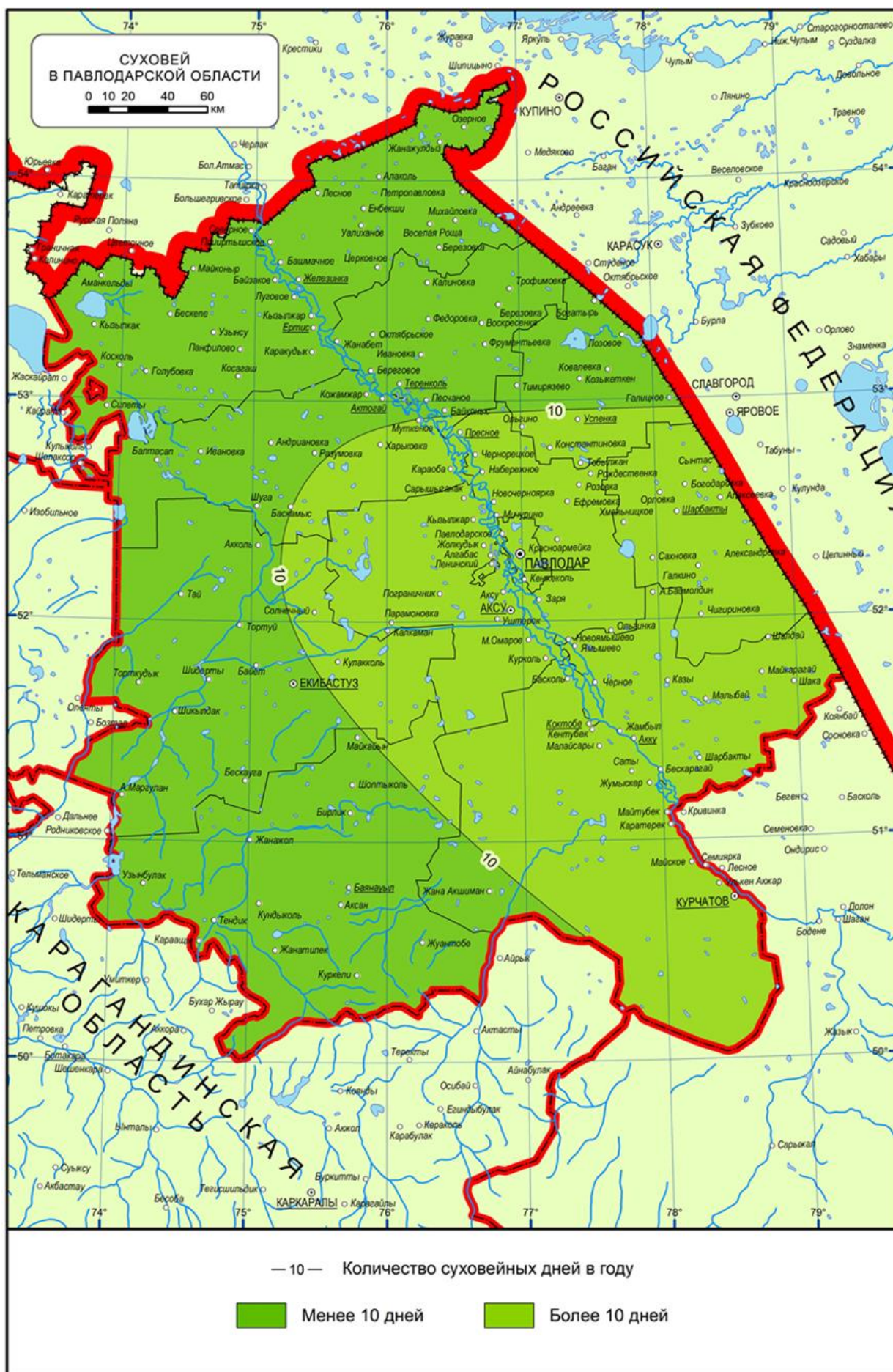


Рисунок 4.3 - Количество дней в году с суховеями умеренной и сильной интенсивности

4.3 Заморозки

Заморозком называется кратковременное понижение температуры воздуха или поверхности почвы (травостоя) до 0°C и ниже на фоне положительных средних суточных температур воздуха. Для сельскохозяйственных культур особую опасность представляют поздние весенние и ранние осенние заморозки. Устойчивость растений к заморозкам и степень их повреждения зависят от многих факторов: времени наступления, интенсивности и продолжительности заморозка, вида, сорта и фазы развития растений, условий выращивания, скорости оттаивания тканей растений, поврежденных заморозком и т.п.

В Павлодарской области весенние последние заморозки в воздухе наблюдаются в середине мая. В годы с прохладным летом заморозки в воздухе могут наблюдаться и в первой половине июня (таблица 4.4).

В области в среднем первые осенние заморозки в воздухе наблюдаются в третьей декаде сентября. В годы с прохладной и ранней осенью первые заморозки наступают в конце августа - в начале сентября. Средняя продолжительность беззаморозкового периода колеблется от 125 (МС Шалдай) до 148 (МС Коктобе) суток.

Таблица 4.4 – Среднемноголетние даты последних весенних и первых осенних заморозков, продолжительность беззаморозкового периода в воздухе

НП (МС)	Весенняя дата			Осенняя дата			Продолжительность, сутки
	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	
Михайловка	14.05	22.04	31.05	21.09	28.08	08.10	130
Федоровка	14.05	22.04	06.06	23.09	04.09	12.10	132
Ертис	13.05	16.04	08.06	25.09	02.09	12.10	135
Лозовое	15.05	24.04	06.06	22.09	28.08	08.10	130
Голубовка	14.05	18.04	08.06	26.09	28.08	13.10	135
Актогай	13.05	10.04	05.06	27.09	10.09	01.11	137
Успенка	11.05	24.04	06.06	25.09	28.08	06.10	137
Жолболды	13.05	11.04	07.06	26.09	30.08	08.10	136
Шарбакты	13.05	22.04	08.06	24.09	04.09	09.10	134
Красноармейка	10.05	15.04	05.06	26.09	30.08	21.10	139
Павлодар	09.05	15.04	05.06	22.09	02.09	07.10	136
Шалдай	17.05	26.04	14.06	19.09	01.09	04.10	125
Екибастуз	08.05	15.04	29.05	27.09	05.09	12.10	142
Коктобе	05.05	19.04	29.05	30.09	12.09	23.10	148
Баянауыл	10.05	16.04	07.06	24.09	30.08	14.10	137

На рисунке 4.4 приведено распределение по территории области продолжительности беззаморозкового периода в воздухе. Она растет с севера на юг от 125 до 150 суток.

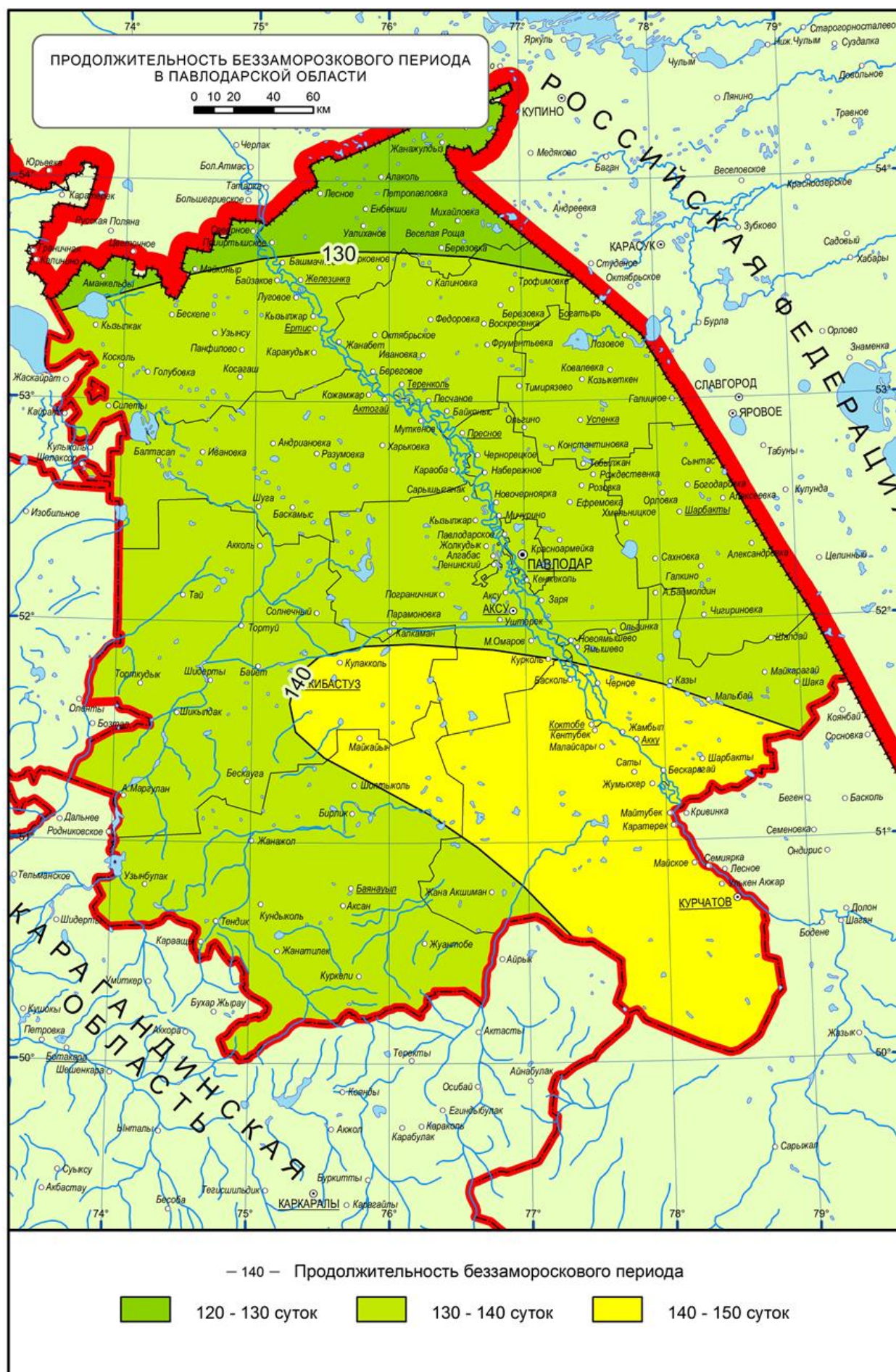


Рисунок 4.4 - Продолжительность безморозкового периода в воздухе

На почве последние весенние заморозки отмечаются позже, чем в воздухе. На большей части области весенние последние заморозки на почве наблюдаются в третьей декаде мая. В прохладные годы последние весенние заморозки на почве фиксировались в середине июня.

Первые осенние заморозки на почве по области наступают в среднем раньше на 6-17 дней, чем на воздухе. По области первые заморозки наблюдаются первой половине сентября. в годы с ранней и прохладной осенью первые заморозки могут отмечаться с 23 августа по 6 сентября. Средняя продолжительность беззаморозкового периода на почве колеблется от 106 (МС Ертис, Голубовка) до 127 (МС Коктобе) суток (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Среднемноголетние даты последних весенних и первых осенних заморозков, продолжительность беззаморозкового периода на почве

НП (МС)	Весенняя дата			Осенняя дата			Продолжительность, сутки
	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	
Михайловка	22.05	02.05	08.06	15.09	31.08	27.09	115
Федоровка	25.05	02.05	08.06	10.09	29.08	26.09	108
Ертис	26.05	01.05	23.06	08.09	23.08	25.09	106
Лозовое	25.05	02.05	12.06	12.09	31.08	29.09	110
Голубовка	25.05	06.05	12.06	09.09	24.08	25.09	106
Актогай	22.05	01.05	08.06	15.09	23.08	03.10	116
Успенка	22.05	01.05	15.06	13.09	29.08	04.10	114
Жолболды	24.05	01.05	12.06	15.09	31.08	29.09	114
Шарбакты	20.05	01.05	09.06	17.09	02.09	30.09	119
Красноармейка	18.05	24.04	12.06	19.09	30.08	09.10	125
Павлодар	22.05	02.05	11.06	15.09	31.08	04.10	116
Шалдай	21.05	02.05	15.06	11.09	31.08	29.09	113
Екибастуз	24.05	02.05	17.06	13.09	29.08	30.09	112
Коктобе	16.05	30.04	12.06	21.09	06.09	07.10	127
Баянауыл	25.05	02.05	15.06	09.09	30.08	03.10	107

4.4 Гроза

Гроза – комплексное метеорологическое явление, представляющее собой электрические разряды в атмосфере, сопровождаемые молнией и громом. Грозы сопровождаются сильными шквалистыми ветрами и ливневыми осадками, нередко градом. Молнии могут привести к гибели людей и скота, лесным пожарам, а также возгоранию созревших посевов сельскохозяйственных культур.

В Павлодарской области период грозы начинаются в апреле, и длится до ноября месяца. Годовое количество дней с грозой на территории области в среднем варьирует от 12 на МС Голубовка до 29 дней на МС Баянауыл. Наиболее часто грозы наблюдаются в районах МС Актогай, МС Павлодар и МС Баянауыл (таблица 4.6). В годы с повышенной грозовой активностью, что обычно свойственно влажным годам, максимальное количество дней с грозой достигает до 40 дней.

Таблица 4.6 – Годовое количество дней с грозой

НП (МС)	Среднее	Максимальное	Минимальное
Михайловка	17	29	6
Федоровка	24	40	11
Ертис	16	26	7
Лозовое	20	33	9
Голубовка	12	21	2
Актогай	26	37	11
Успенка	20	35	10
Жолболды	23	36	9
Шарбакты	19	40	5
Красноармейка	19	40	7
Павлодар	28	54	15
Шалдай	17	38	7
Екибастуз	24	37	11
Коктобе	23	37	7
Баянауыл	29	42	15

4.5 Градобитие

Выпадение града приносит ущерб сельскому хозяйству, особенно при выпадении крупного града с диаметром более 20 мм. Град выпадает в теплое время года из мощных кучево-дождевых облаков, обычно вместе с ливневым дождем. Интенсивный град может уничтожить посевы, привести к гибели животных и повреждению техники.

Обычно град проходит узкой полосой. Поэтому их трудно зафиксировать, из-за больших расстояний между метеостанциями. Соответственно фактическая ситуация может отличаться от наблюдаемых на метеорологических станциях.

В Павлодарской области, не смотря на грозовую активность, выпадение града наблюдается редко. По всей территории области годовое количество дней с градом в среднем составляет 1 день, но в некоторые годы доходит до 1–5 дней (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Годовое количество дней с градом

НП (МС)	Среднее	Максимальное
Михайловка	0,3	2
Федоровка	0,9	5
Ертис	0,0	1
Лозовое	0,2	2
Голубовка	0,1	1
Актогай	0,4	2
Успенка	0,6	5
Жолболды	0,5	2
Шарбакты	0,6	3
Красноармейка	0,7	2
Павлодар	0,2	2
Шалдай	0,6	4
Екибастуз	0,5	3
Коктобе	0,8	2
Баянауыл	0,9	0

4.6 Пыльные бури

Пыльная буря – перенос сильным ветром больших количеств пыли и песка, приводящий к значительному ухудшению видимости. Сильные пыльные бури препятствуют проведению агротехнических мероприятий (обработка почвы, посев, внесение удобрения, уборка урожая), а также могут ломать стебли растений, привести к полеганию посевов.

В Павлодарской области пыльные бури чаще наблюдаются в центральной части области - в районе Актогай, Жолболды и Красноармейка, где пыльные бури бывают в 9-10 сутках, а на остальной территории – менее 6 суток (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Годовое количество суток с пыльной бурей

НП (МС)	Среднее	Максимальное
Михайловка	7	14
Федоровка	6	19
Ертис	2	6
Лозовое	2	10
Голубовка	1	3
Актогай	10	25
Успенка	6	18
Жолболды	9	25
Шарбакты	2	7
Красноармейка	10	24
Павлодар	3	11
Шалдай	2	12
Екибастуз	3	9
Коктобе	2	8
Баянауыл	1	12

4.7 Метели

Метели способствуют образованию заносов и ухудшению видимости, затрудняют движение транспорта, создают неблагоприятные условия для животноводства и для перезимовки озимых культур.

В области метели могут наблюдаться в период с октября по апрель месяц. Годовое количество суток с метелью на территории области составляет от 6 до 33 суток. Метели чаще наблюдаются в центральной полосе области и больше проявляются в районе МС Актогай. Максимальное количество суток с метелью варьирует от 23 дней (Шалдай, Баянауыл) до 61 (Актогай). Бывают годы, когда метели наблюдаются всего в 1-7 сутках (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Годовое количество суток с метелью

НП (МС)	Среднее	Максимальное	Минимальное
Михайловка	13	30	1
Федоровка	10	27	1
Ертис	10	35	1
Лозовое	17	33	1
Голубовка	14	29	1
Актогай	33	61	7
Успенка	13	24	3
Жолболды	25	50	3
Шарбакты	16	36	3
Красноармейка	17	45	2
Павлодар	11	25	1
Шалдай	6	23	1
Екибастуз	10	30	1
Коктобе	13	29	3
Баянауыл	14	23	2

5. КЛИМАТИЧЕСКИЕ СРОКИ ФАЗ РАЗВИТИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

5.1 Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур

Срок посева является одним из решающих факторов, который определяет уровень и качество урожая. Своеобразие климатических условий Казахстана требует особого подхода к выбору оптимальных сроков посева яровых зерновых культур. Здесь главным критерием определения срока сева ранних яровых зерновых культур является обеспечение растений в наиболее критический период их развития необходимым количеством влаги.

При отклонении сроков сева от оптимальных, ритм метеорологических условий перестает соответствовать биологическим требованиям культуры, что в конечном итоге скажется на урожайности. Знание сроков сева необходимо для планирования процесса посева, подготовки посевного материала и техники.

Оптимальные сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур совпадают со временем достижения почвы мягкопластичного состояния.

По методике Л.К. Пятовской, описанной в разделе 1.8, были определены климатические сроки достижения почвы мягкопластичного состояния. Весенние полевые работы и сев начинается через 4–10 дней после просыхания почвы до мягкопластичного состояния, иногда разрыв составляет 15–20 дней. Выпадение осадков в этот период может помешать проведению полевых работ и отодвинуть сроки посева.

На основе температуры воздуха были определены климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур на легких (супесчаные) и тяжелых (суглинистые) почвах. Полученные расчеты представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур

НП (МС)	Супесчаные почвы	Суглинистые почвы
Михайловка	09.05	13.05
Федоровка	09.05	12.05
Ертис	09.05	12.05
Лозовое	09.05	12.05
Глубовка	09.05	12.05
Актогай	06.05	10.05
Успенка	05.05	09.05
Жолболды	06.05	11.05
Шарбакты	05.05	09.05
Красноармейка	03.05	07.05
Павлодар	03.05	07.05
Шалдай	03.05	08.05
Екибастуз	02.05	06.05
Коктобе	01.05	05.05
Баянауыл	03.05	08.05

Весенние полевые работы и сев ранних зерновых культур на суглинистых почвах в среднем можно начинать на юге области с 5 мая, на севере области – с 13 мая. Однако на юге области в районе Баянауылских гор полевые работы и сев надо начинать с 8 мая. Сроки начала полевых работ на супесчаных почвах наступает на 4-5 суток раньше, т.е. на юге области с 1 мая, на севере – с 9 мая. В эти сроки в области температура воздуха переходит через 10°C, пахотный слой почвы прогревается и бывает благоприятным для прорастания зерна. В годы с ранней и поздней весной сроки начала весенних полевых работ могут отклоняться до 5-7 суток в обе стороны. Весенние полевые работы и сев необходимо

провести в короткие сроки, желательно в течение 5-7 суток.

На рисунке 5.1 представлена карта климатических сроков начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур на суглинистых почвах Павлодарской области. Эти сроки приходятся на юго-востоке области на 1-5 мая, на юго-западе и в центре – 5-10 мая, на севере – 10-15 мая.

5.2 Климатические сроки созревания и начала уборки урожая ранних яровых зерновых культур

Скорость роста и развития растений в условиях достаточной влагообеспеченности зависит в основном от температуры воздуха. Чем выше температура (до определенного предела) тем больше скорость роста. А.А. Шиголевым, Л.Н. Бабушкиным и другими учеными были установлены значения сумм эффективных температур воздуха, необходимые для прохождения межфазных периодов развития сельскохозяйственных культур, при условии достаточной влагообеспеченности [9, 12].

Нами были проведены расчеты климатических сроков наступления восковой спелости яровой пшеницы и ячменя, при условии достаточной влагообеспеченности для роста и развития. Им необходимо для прохождения вегетации от посева до восковой спелости одинаковая сумма эффективных температур воздуха 1190°C. При этом накопление сумм температур необходимо начинать от даты завершения посева.

Анализ показал, что расчетные даты наступления восковой спелости пшеницы при сроках сева на супесчаных почвах и на суглинистых почвах имеют отличие на 1-2 дня, т.е. к моменту восковой спелости состояние посевов выравниваются. Климатические сроки достижения ранних яровых зерновых культур (пшеница и ячмень) восковой спелости представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Климатические сроки достижения ранних яровых зерновых культур восковой и полной спелости

НП (МС)	Восковая спелость	Полная спелость
Михайловка	12.08	20.08
Федоровка	10.08	18.08
Ертис	10.08	17.08
Лозовое	09.08	17.08
Глубовка	11.08	20.08
Актогай	06.08	15.08
Успенка	04.08	12.08
Жолболды	07.08	16.08
Шарбакты	03.08	10.08
Красноармейка	02.08	09.08
Павлодар	02.08	09.08
Шалдай	02.08	09.08
Екибастуз	01.08	07.08
Коктобе	30.07	05.08
Баянауыл	08.08	16.08

При посеве зерновых культур в климатические сроки и при достаточной влагообеспеченности вегетационного периода, восковая спелость яровой пшеницы и ячменя в среднем наступает на юге области 1-3 августа, на севере области – 10-12 августа. Однако на юге области в районе Баянауылских гор зерновые достигают восковой спелости 8 августа. В аномально засушливые или влажные годы могут отклоняться в более ранние или поздние сроки. Пространственное распределение климатических сроков наступления восковой спелости зерновых культур по Павлодарской области представлено на рисунке 5.2.

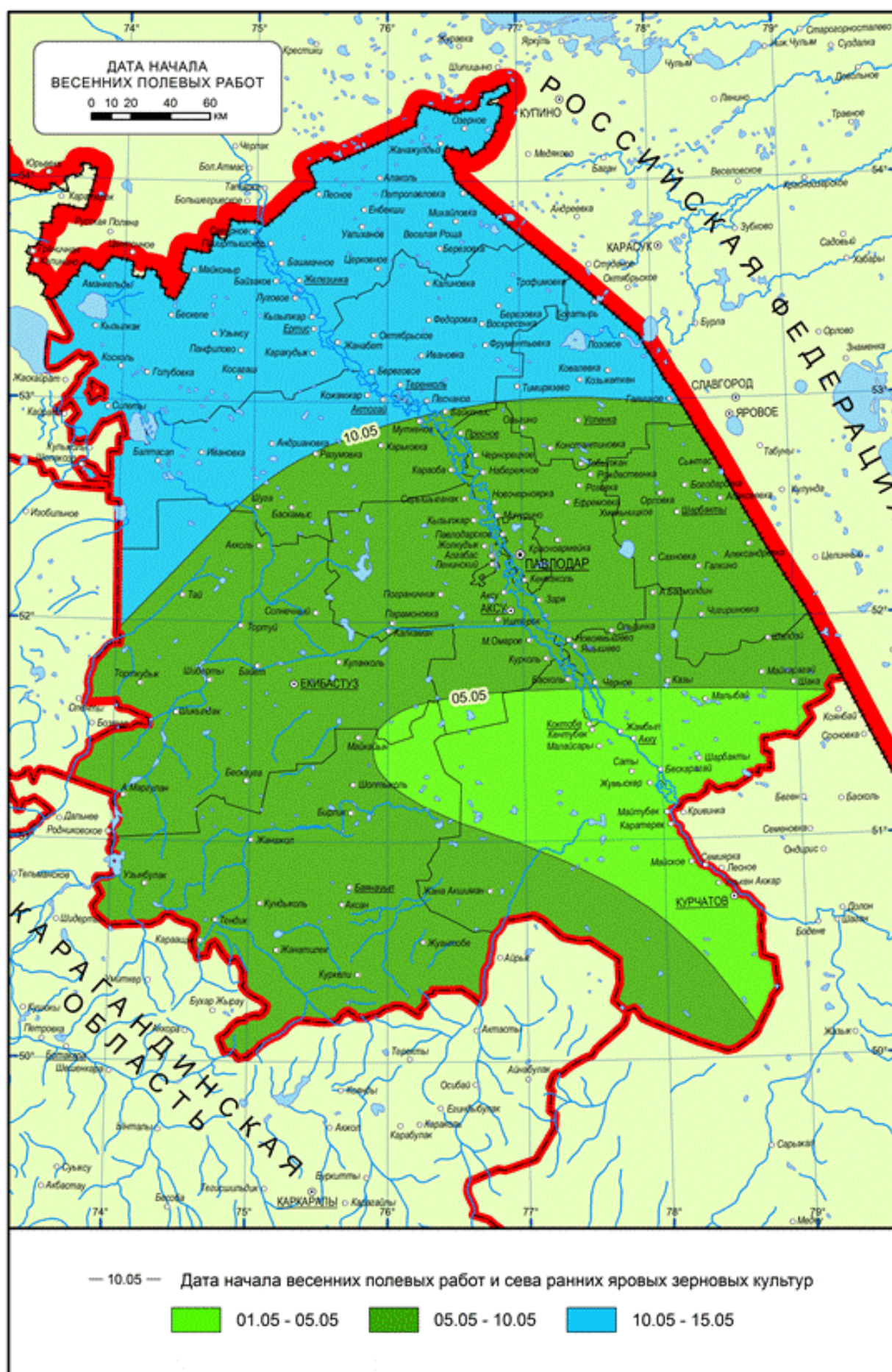


Рисунок 5.1 – Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур

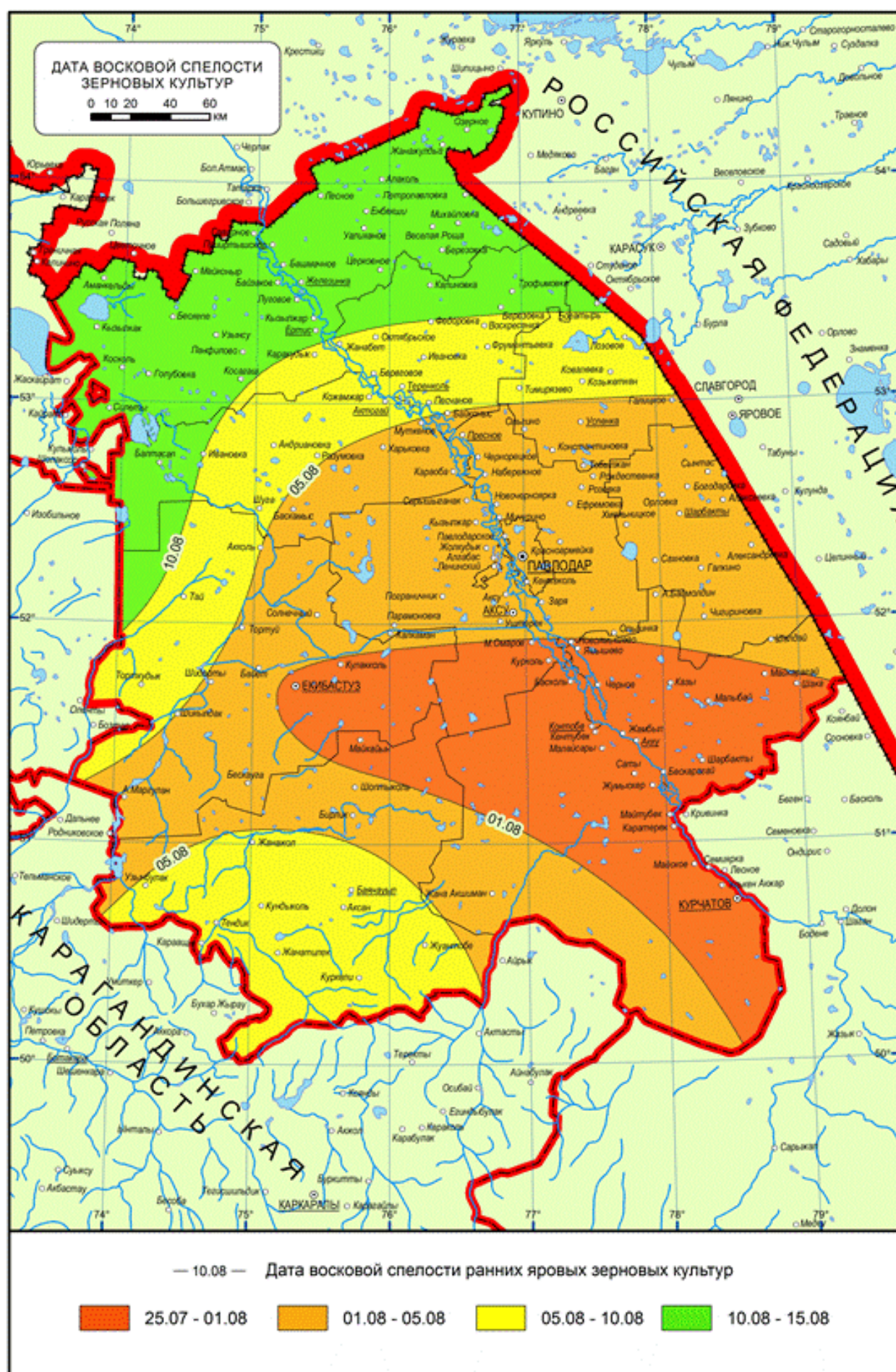


Рисунок 5.2 – Климатические сроки восковой спелости ранних яровых зерновых культур

Полная спелость зерновых культур является показателем начала уборки урожая, т.е. начала прямой уборки или обмолота высушенных валков. Соответственно за климатические сроки начала уборки урожая ранних яровых зерновых культур берется дата их полного созревания. В определенных условиях уборка урожая проводится в два этапа. Например, при высокой влажности почвы, после восковой спелости растение скашивается в валки, для дальнейшего просыхания и дозревания. Второй этап уборки проводится после просыхания растений в валках.

Скорость перехода от восковой спелости к полной спелости находится в тесной зависимости от влажности воздуха. Чем выше дефицит влажности в период высушивания хлебов, тем меньше продолжительность этого периода [38, 39]. В определенных условиях, например при высокой влажности почвы, после восковой спелости растение скашивается в валки, для дальнейшего просыхания и дозревания.

Для северной половины Казахстана установлено, что для просыхания хлебов от скашивания (влажность зерна 35-37%) до кондиционной влажности зерна (14-15%) потребуется сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха 40-45 гПа, а для стоящих на корню – около 70 гПа. Эти критерии были использованы для определения климатических сроков полной спелости и начала уборки урожая.

Климатические даты полного созревания зерновых культур (пшеница и ячмень) по МС Павлодарской области были рассчитаны на основе климатических данных по температуре и дефициту влажности воздуха.

В области, при средних климатических условиях, через 6-8 суток после восковой спелости, зерновые культуры полностью дозревают. Климатические сроки полного созревания ранних яровых зерновых культур в среднем наступает на юге области 5-9 августа, на севере – 17-20 августа (таблица 5.2). При этом надо помнить, что эти сроки правильны при условии сева зерновых культур в климатические сроки и при достаточной влагообеспеченности. В аномально засушливые или влажные годы возможны их отклонения в более ранние или поздние сроки.

Пространственное распределение климатических сроков наступления полной спелости у ранних яровых зерновых культур по Павлодарской области представлено на рисунке 5.3.

Ранние яровые зерновые созревают в южной и центральной части области в период 5–15 августа, в северной части области – с период с 15-25 августа, а в районе Баянауских гор – 15-20 августа. Соответственно эти же сроки считаются климатическими сроками начала уборки ранних яровых зерновых культур.

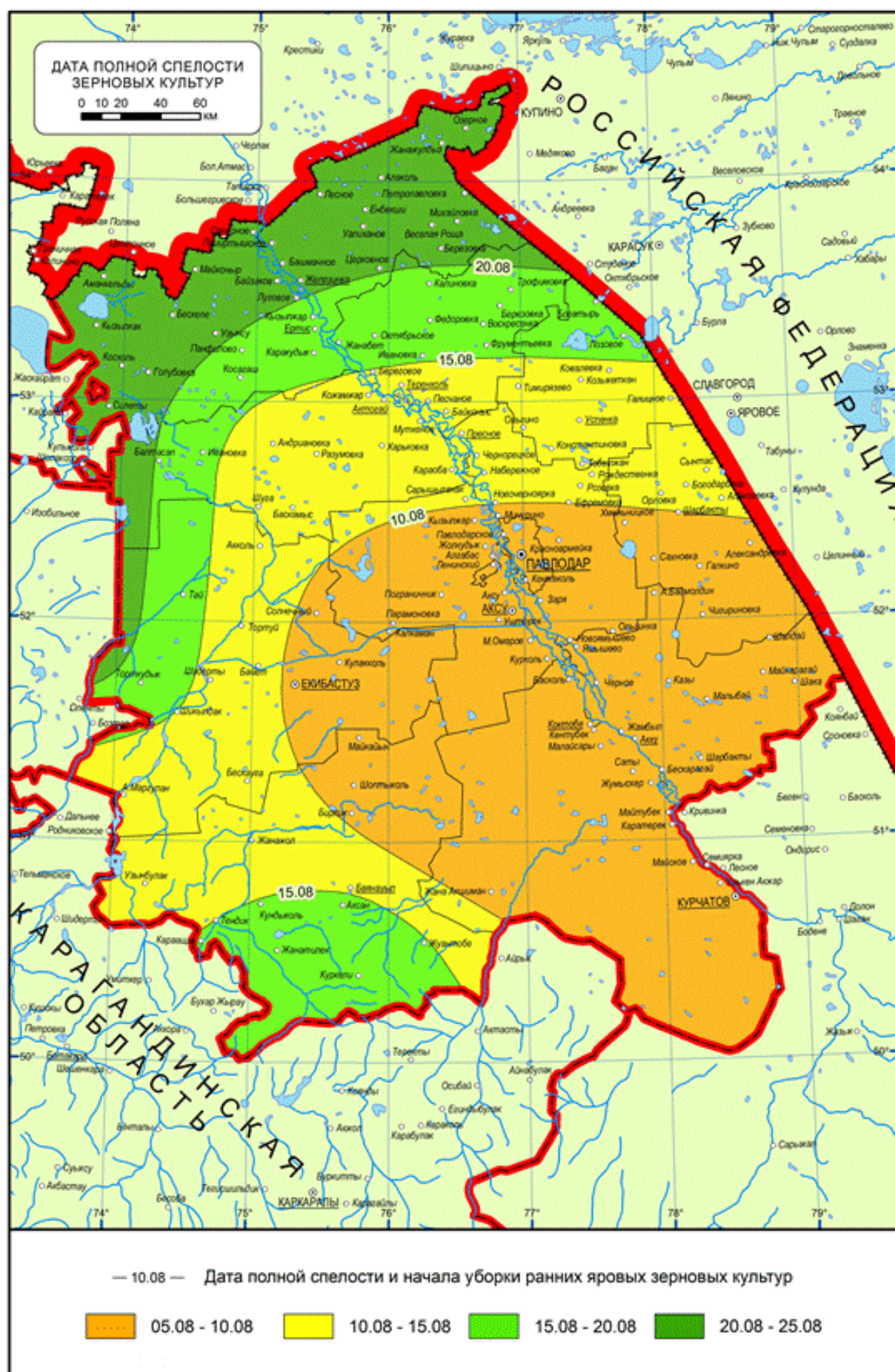


Рисунок 5.3 – Климатические сроки полной спелости и начала уборки ранних яровых зерновых культур

6. АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

На основе пространственного распределения агроклиматических показателей теплообеспеченности, влагообеспеченности, биоклиматического потенциала (БКП), фотосинтетической активной радиации (ФАР), заморозков, условий перезимовки, а также с учетом типов почвы было проведено агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур по территории Павлодарской области.

Нами были рассмотрены 29 видов сельскохозяйственных культур, возделываемых в Казахстане, у которых известны потребности в тепле и влаге. Потребности в тепле были выражены в биологической сумме температур воздуха за период вегетации, т.е. от начала роста до созревания (см. таблицу 1.10). Также были известны потребности в тепле их сортов по скороспелости (раннеспелые, среднеспелые, позднеспелые).

Для определения возможности возделывания растений по влагообеспеченности (при естественном увлажнении атмосферными осадками) использовался коэффициент увлажнения К. При этом в качестве южной границы сухого земледелия использовался изолиния $K(80\%) = 0,40$.

Для оценки соответствия ресурсов климата требованиям культур нами были использованы значения сумм активных температур воздуха выше 10°C соответствующей 90%-ной обеспеченности, значение коэффициента увлажнения К соответствующей 80%-ной обеспеченности.

Яровые культуры

На территории Павлодарской области месячные суммы ФАР при средней облачности в вегетативно активный период (с мая по август) составляет 279-350 МДж/(м²·мес) на севере области, 288-365 МДж/(м²·мес) на юге области. С мая по август месяцы в среднем за месяц солнце сияет в течение 9,6-11,4 часов в сутки. Территория области подходит для роста и развития растений длинного дня, ресурсы солнечной радиации в естественных условиях достаточны для оптимальной жизнедеятельности сельскохозяйственных культур.

Продолжительность вегетационного периода для ранних яровых культур составляет 175-187 суток. Продолжительность вегетационного периода для поздних яровых культур растет с севера на юг от 139 до 152 суток, а для теплолюбивых культур – от 95 до 112 суток.

За весь вегетационный период (с температурой воздуха выше 5°C) на территории области накапливается 2644-2998 $^{\circ}\text{C}$ тепла. За период с температурой воздуха выше 10°C накапливается тепло 2364-2722 $^{\circ}\text{C}$. В северной части области на 90% обеспечено 2176 $^{\circ}\text{C}$ тепла, на юге - около 2800 $^{\circ}\text{C}$ тепла за период с температурой выше 10°C . Применительно к теплолюбивым культурам (при температуре выше 15°C) ресурсы тепла составляют 1763-2174 $^{\circ}\text{C}$.

За теплый период года в среднем выпадают 187-253 мм осадков, из них 129-188 мм выпадают в период активной вегетации сельскохозяйственных культур. На севере и на юге области за этот период на 90% обеспечено около 85 мм осадков, а в центральной части - 80 мм.

По территории области коэффициент увлажнения К составляет 0,62-0,84. Влагообеспеченность вегетационного периода оценивается как «достаточная, но не устойчивая» на севере и на юго-западе области. На остальной территории области, т.е. в центре, на юге и юго-востоке влагообеспеченность характеризуется как «недостаточная».

Период активной вегетации растений (май-август) климатически является на преобладающей территории области «не засушливым» и «слабо засушливым», только на юго-востоке области характеризуется как «умеренно засушливый».

Наибольшее значение БКП более 40 ц/га соответствует юго-западной окраине области (МС Баянауыл). Северная половина области, выше широты г. Павлодар имеет значение БКП

в пределах 35-40 ц/га, а южная половина области до Баянауылских гор имеет значение БКП в пределах 30-35 ц/га.

В таблице 6.1 приведены основные агроклиматические показатели вегетационного периода, используемые для определения возможности возделывания сельскохозяйственных культур. Были выбраны:

- дата перехода температуры воздуха через 10°C (D_{10});
- дата сева ранних яровых зерновых культур (D_c);
- сумма активных температур воздуха выше 10°C (отсчитанная от даты сева) 90% обеспеченности (Σt_{10});
- коэффициент увлажнения 80% обеспеченности (K);
- средняя дата весенних последних заморозков в воздухе ($D_{з.в.}$);
- средняя дата первых осенних заморозков в воздухе ($D_{з.о.}$);
- продолжительность беззаморозкового периода (N_z).

В области температура воздуха в среднем устойчиво переходит через 10°C в конце апреля – начале мая. Климатические сроки завершения сева ранних яровых зерновых культур приходится на 5-13 мая (таблица 6.1).

Вегетационный период (от климатической даты сева) на 90% обеспечено теплом 2176-2576°C.

Вегетационный период на 80% обеспечено коэффициентом увлажнения $K=0,46-0,76$, что характеризуется в основном как «умеренный дефицит влаги». Только в районе Голубовка и Баянауыл характеризуется как «недостаточная влагообеспеченность».

В среднем весенние последние заморозки в воздухе отмечаются в первой половине мая, и беззаморозковый период продолжается в течение 130-148 суток. Осенью первые заморозки проявляются в среднем в третьей декаде сентября.

Таблица 6.1 – Агроклиматические показатели вегетационного периода

НП (МС)	D_{10}	D_c	Σt_{10} (90%)	K (80%)	$D_{з.в.}$	$D_{з.о.}$	N_z
Михайловка	05.05	13.05	2176	0,56	14.05	21.09	130
Федоровка	04.05	12.05	2229	0,52	14.05	23.09	132
Ертис	03.05	12.05	2306	0,51	13.05	25.09	135
Лозовое	04.05	12.05	2260	0,59	15.05	22.09	130
Голубовка	03.05	12.05	2307	0,62	14.05	26.09	135
Актогай	02.05	10.05	2333	0,46	13.05	27.09	137
Успенка	02.05	09.05	2365	0,56	11.05	25.09	137
Жолболды	03.05	11.05	2362	0,53	13.05	26.09	136
Шарбакты	02.05	09.05	2388	0,54	13.05	24.09	134
Красноармейка	30.04	07.05	2456	0,48	10.05	26.09	139
Павлодар	30.04	07.05	2412	0,53	09.05	22.09	136
Шалдай	01.05	08.05	2409	0,52	17.05	19.09	125
Екибастуз	30.04	06.05	2516	0,52	08.05	27.09	142
Коктобе	28.04	05.05	2576	0,55	05.05	30.09	148
Баянауыл	02.05	08.05	2310	0,76	10.05	24.09	137

В результате анализа соответствия агроклиматических условий требованиям основных сельскохозяйственных культур территория Павлодарской области была разделена на три зоны, и куда были сгруппированы административные районы (таблица 6.2):

- 1) Железинский, Ертисский, Кашырский (север) и Успенский (север) районы. В этих районах агроклиматические условия позволяют возделывать из зерновых культур яровую пшеницу (мягкие и твердые сорта), ячмень, овес, просо и гречиху. Из зернобобовых культур можно возделывать горох, чечевицу, чину, нут, бобы, фасоль, люпин, наиболее раннеспелые сорта сои. Климатические условия также

- позволяют возделывать лён, раннеспелых и среднеспелых сортов подсолнечника, рапс, раннеспелых сортов сахарной свеклы, картофель, капусту, огурец и томаты. Однако здесь есть опасность повреждения заморозками сельскохозяйственных культур, не устойчивых к заморозкам, таких как гречиха, фасоль, огурцы и томаты;
- 2) Кашырский (юг), Успенский (юг), Актогайский, Екибастуз г.а., Аксу г.а., Павлодарский, Шарбақтынский, Баянауылский и Майский (юго-запад) районы. В этих районах агроклиматические условия позволяют возделывать, кроме культур первой зоны, раннеспелых сортов кукурузы, раннеспелых сортов сои, позднеспелых сортов подсолнечника и среднеспелых сортов сахарной свеклы;
- 3) Майский (северо-восток) и Лебяжинский районы. Здесь агроклиматические условия позволяют возделывать, кроме культур второй зоны, среднеспелых сортов кукурузы, раннеспелых сортов сорго, среднеспелых сортов сои и позднеспелых сортов сахарной свеклы.

Таблица 6.2 – Агроклиматическое районирование основных сельскохозяйственных культур по Павлодарской области

№	Район	Зерновые культуры	Зернобобовые культуры	Масличные и технические культуры	Овощные культуры
1	Железинский Ертисский Кашырский (север) Успенский (север)	Пшеница (м, т) Ячмень Овес Просо Гречиха*	Горох Чечевица Чина Нут Бобы Фасоль* Люпин Соя-нр	Лён Подсолнечник-р Подсолнечник-с Рапс Сах.свекла-р	Картофель Капуста Огурец* Томат*
2	Кашырский (юг) Успенский (юг) Актогайский Екибастуз г.а. Аксу г.а. Павлодарский Шарбақтынский Баянауылский Майский (юго-запад)	Пшеница (м, т) Ячмень Овес Просо Гречиха Кукуруза-р	Фасоль Горох Чечевица Чина Нут Бобы Люпин Соя-нр Соя-р	Лён Подсолнечник Рапс Сах.свекла-р Сах.свекла-с	Картофель Капуста Огурец Томат
3	Майский (северо-восток) Лебяжинский	Пшеница (м) Ячмень Овес Просо Гречиха Кукуруза-р Кукуруза-с Сорго-р	Фасоль Горох Чечевица Чина Нут Бобы Люпин Соя-нр Соя-р Соя-с	Лён Подсолнечник Рапс Сах.свекла	Картофель Капуста Огурец Томат

Примечание: * - есть вероятность повреждения заморозками

В таблицах 6.3-6.5 обобщенно по административным районам Павлодарской области приведено агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур, с учетом их

сортов по скороспелости (нр-наиболее раннеспелые, р-раннеспелые, с-среднеспелые, сп-среднепоздние, п-позднеспелые).

Таблица 6.3 – Агроклиматическое районирование яровых зерновых культур по Павлодарской области

Район	Пшеница (м)-р	Пшеница (м)-с	Пшеница (м)-п	Пшеница (т)-р	Пшеница (т)-с	Пшеница (т)-п	Ячмень-р	Ячмень-с	Ячмень-п	Овес-р	Овес-с	Овес-п	Просо-р	Просо-с	Просо-п	Гречиха-р	Гречиха-с	Гречиха-п	Кукуруза-р	Кукуруза-с	Кукуруза-сп	Кукуруза-п	Сорго-р	Сорго-с	Сорго-п
Аксу г.а.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Актогайский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Баянауылский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Железинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
Ертисский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
Кашырский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
Лебяжинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+		
Майский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Павлодарский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Успенский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
Шарбактынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						
Екибастуз г.а.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+						

Таблица 6.4 – Агроклиматическое районирование зернобобовых культур по Павлодарской области

Район	Горох-р	Горох-с	Горох-п	Фасоль-р	Фасоль-с	Фасоль-п	Чина-р	Чина-с	Чечевица-р	Чечевица-с	Нут-р	Нут-с	Нут-п	Люпин-р	Люпин-с	Люпин-с	Люпин-п	Соя-нр	Соя-р	Соя-с	Соя-сп	Соя-п
Аксу	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Актогайский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Баянауылский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Железинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Ертисский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Кашырский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Лебяжинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
Майский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Павлодарский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Успенский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+				
Шарбактынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
Екибастуз	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			

Таблица 6.5 – Агроклиматическое районирование масличных, технических и овощных культур по Павлодарской области

Район	Лён-р	Лён-с	Подсолнечник-р	Подсолнечник-с	Подсолнечник-п	Рапс-р	Рапс-с	Сах. свекла-р	Сах. свекла-с	Сах. свекла-п	Картофель-р	Картофель-с	Картофель-п	Капуста-р	Капуста-с	Капуста-п	Огурец-р	Огурец-с	Огурец-п	Томат-р	Томат-с	Томат-п
Аксу	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Актогайский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Баянауылский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Железинский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ертисский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кашырский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Лебяжинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Майский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Павлодарский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Успенский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Шарбақтынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Екибастуз	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

На рисунке 6.1 представлена карта агроклиматического районирования сельскохозяйственных яровых культур (зерновые, зернобобовые, масличные, технические и овощные культуры) на территории Павлодарской области. Однако здесь учтена только тепло- и влагообеспеченность.

Территория области делится на 3 зоны. В первой зоне можно возделывать культур, которым для прохождения всей вегетации необходимо тепло до 2200°C, во второй зоне – до 2400°C, в третьей – до 2600°C.

В первую зону входит северная часть области. Центральная и юго-западная части, а также южная окраина входят во вторую зону. В третью зону входит юго-восточная часть области.

В первой зоне агроклиматические условия удовлетворяют требования культур с 1 по 5 группы, во второй зоне – с 1 по 6 группы, в третьей зоне – с 1 по 7 группы. Принадлежность культур к группам приведена в таблицах 1.14–1.17 в подразделе 1.7.

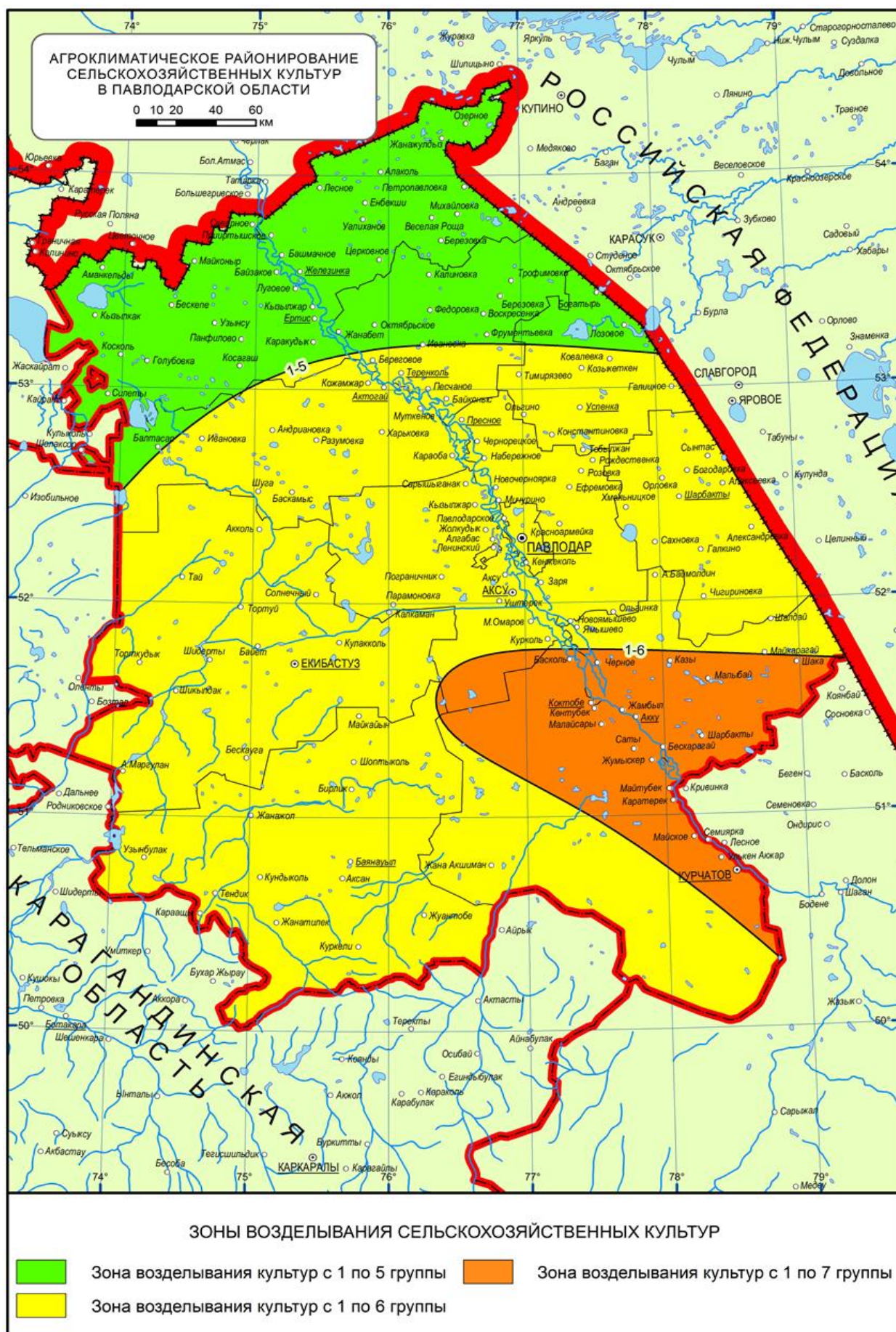


Рисунок 2.1 – Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур

Озимые зерновые культуры

Для определения возможности возделывания озимых зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень) кроме агроклиматических показателей теплого периода необходимо рассмотреть и показатели холодного периода.

Климатические условия теплого периода года удовлетворяют озимых зерновых культур на территориях, где возделываются их яровые виды.

Для определения благоприятности климатических условий холодного периода для успешной перезимовки озимых зерновых культур необходимо изучить температурные условия приземного слоя воздуха и верхнего слоя почвенного покрова.

В связи с ограниченностью данных по температуре почвы на глубине узла кущения, для оценки условий перезимовки озимых зерновых культур были использованы другие показатели, такие как средняя минимальная температура воздуха за январь ($t_{\text{мин(ср)}}$), различное соотношение абсолютной минимальной температуры воздуха ($t_{\text{мин(абс)}}$) и средней за зиму высоты снежного покрова (h_c), обеспечивающее сохранность посевов, а также показатель суровости зимы по А.М. Шульгину (K_c).

В зависимости от зимостойкости сорта и условия осенней заделки критическая температура вымерзания находится у озимого ячменя в пределах минус 13°C – минус 16°C, у озимой пшеницы – в пределах минус 18°C – минус 22°C, у озимой ржи – в пределах минус 20°C – минус 24°C (на глубине узла кущения).

По территории области средняя минимальная температура воздуха января колеблется от минус 19,2°C на юге до минус 21,9°C на севере (таблица 6.6). Соответственно такие условия при невысоком снежном покрове исключают успешную перезимовку озимых зерновых культур.

Таблица 6.6 – Агроклиматические показатели холодного периода

НП (МС)	$t_{\text{мин(ср)}}$	$t_{\text{мин(абс)}}$	h_c	K_c		
				декабрь		
Михайловка	-21,4	-46,2	17	2,3	1,9	1,6
Федоровка	-21,9	-47,0	15	2,9	2,3	1,8
Ертис	-21,2	-45,6	18	2,5	1,8	1,4
Лозовое	-21,7	-47,6	19	2,2	1,7	1,3
Голубовка	-21,1	-43,5	21	1,9	1,5	1,2
Актогай	-21,9	-46,4	14	3,5	2,5	1,8
Успенка	-21,1	-46,5	17	2,6	1,9	1,6
Жолболды	-21,2	-44,5	30	1,4	1,1	0,9
Шарбакты	-21,2	-45,3	20	2,3	1,6	1,3
Красноармейка	-20,5	-43,8	29	1,9	1,1	0,8
Павлодар	-21,0	-45,2	23	1,7	1,4	1,2
Шалдай	-21,5	-46,0	23	2,2	1,5	1,1
Екибастуз	-19,2	-43,1	9	4,4	3,4	2,9
Коктобе	-20,1	-44,5	12	4,0	2,6	2,1
Баянауыл	-21,9	-41,9	20	2,2	1,4	1,1

В области абсолютная минимальная температура воздуха составляет минус 42 – минус 47°C. При таких температурных условиях средняя высота снежного покрова, обеспечивающая укрытие поля озимых культур, должна быть более 27 см (см. таблицу 1.8). Почти на всей территории области средняя высота снежного покрова составляет менее 27 см, что не может обеспечить сохранность посевов озимых зерновых культур.

Также показатель суровости зимы для озимых культур (K_c) показал, что из 15 МС области на 12 МС зима бывает суровой ($K_c = 1,0-2,9$), на 3 МС - весьма суровой ($K_c \geq 3,0$). Такие условия не могут обеспечить успешную перезимовку озимых зерновых культур.

Таким образом, в Павлодарской области климатические условия зимы не позволяют на системной основе возделывать озимых зерновых культур. Только при условии утепления посевов снегозадержанием на полях возможно возделывание озимой ржи, с определенным риском. Надо отметить, что частые сильные ветры обуславливают сдувание снега с равнинных и возвышенных участков, особенно в первой половине зимы.

Также к неблагоприятным факторам для возделывания озимых зерновых культур относится условие осеннего периода вегетации. За относительно короткий осенний период растения не успевают хорошо развиваться и закалиться.

Хорошо раскустившиеся и закаленные озимые зерновые лучше переносят суровые зимние условия. Осенью в условиях понижения температуры у озимых культур протекают сложные физиологические процессы, обеспечивающие подготовку их к зимовке, так называемая закалка растений. Закалка растений по И.И. Туманову состоит из двух фаз. Первая фаза закаливания проходит в условиях хорошего освещения при понижении средней суточной температуры воздуха от 5°C до 0°C (дневная - 10-15°C, ночная – ниже 0°C). В этой фазе растение интенсивно накапливает сахара, выполняющие функцию защитных веществ, и длится около 12–14 суток. Данная фаза закаливания лучше протекает при солнечной погоде. После прохождения первой фазы закаливания озимые зерновые выдерживают понижение температуры почвы на глубине узла кущения до минус 12°C [11, 12, 33].

Далее при понижении средней суточной температуры воздуха от 0°C до минус 5–10°C растения проходят вторую фазу закаливания, в течение 8–12 суток. Она возможна и при установлении полей снежного покрова. В этой фазе закаливания происходит обезвоживание тканей растений, с переходом свободной воды в связанную и увеличения концентрации клеточного сока. При этом крахмал в клетках растений частично превращается в сахара, увеличивая их запасы. После прохождения второй фазы закаливания значительно повышается зимостойкость озимых зерновых культур. Например, критическая температура вымерзания озимой ржи среднезимостойких сортов понижается до минус 20°C, высокозимостойких сортов – до минус 24°C.

Также большое значение имеет влажность пахотного слоя почвы в период осенней вегетации озимых зерновых культур. Недостаток влаги приводит к слабому развитию растений.

Развитость растений на момент прекращения осенней вегетации имеет большое значение при перезимовке. Слаборазвитые и переросшие растения менее морозостойкие, чем растения с кустистостью 3-5 побегов. В них меньше накапливаются сахара, вследствие малой биомассы или наоборот интенсивного роста осенью. Озимой ржи и пшенице для достижения фазы кущения 3-5 побегов необходима сумма положительных среднесуточных температур воздуха около 550-600°C, при достаточных запасах влаги в почве. Соответственно от правильного выбора сроков сева зависит развитость растений к моменту прекращения осенней вегетации, успешность прохождения закаливания и степень зимостойкости растений. Неблагоприятные зимние условия могут быть значительно ослаблены при соблюдении оптимальных сроков сева.

Для определения климатически оптимальных сроков сева озимых зерновых культур были определены даты, при которых к моменту перехода температуры воздуха через 5°C, накопятся 550-600°C. При этом считалось, что запасы влаги в почве достаточны для роста и развития озимых зерновых культур. Результаты расчетов, проведенные по земледельческой зоне области (северная половина), представлены в таблице 6.7.

В случае возделывания озимой ржи в Павлодарской области, при средних климатических условиях посев необходимо произвести на севере области в период с 18 по 22 августа, в центральной части – с 20 по 24 августа, на юге в равнинной территории – с 22 по 26 августа, а в районе Баянаульских гор – с 20 по 24 августа.

Таким образом, учитывая всех условий осенне-зимнего периода, не рекомендуется в Павлодарской области возделывать озимых зерновых культур (ячмень, пшеница, рожь).

Таблица 6.7 – Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур

НП (МС)	Дата
Михайловка	17-21.08
Федоровка	18-22.08
Ертис	18-22.08
Лозовое	18-22.08
Голубовка	18-22.08
Актогай	19-23.08
Успенка	19-23.08
Жолболды	19-23.08
Шарбакты	20-24.08
Красноармейка	21-25.08
Павлодар	21-25.08
Шалдай	21-25.08
Екибастуз	22-26.08
Коктобе	22-26.08
Баянауыл	20-24.08

7. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

При анализе современного состояния почвенного покрова территории Павлодарской области использовались опубликованные и фондовые материалы Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами РГП «НПЦзем» МНЭ РК, акимата Павлодарской области, ТОО «КазНИИ почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова» МСХ РК, ТОО «Институт географии» МЭ РК и др. [66-74].

7.1 Типы почв

Почвенный покров Павлодарской области подчинен общим закономерностям природной широтной зональности и высотной поясности. Территория области располагается в двух широтных почвенных зонах, двух подзонах и в двух высотных поясах [68-72].

Горизонтальные зоны обычных равнин:

1. Степная зона с 3-мя подзонами:

- умеренно-засушливых степей на черноземах южных и сопутствующих им почвах;
- сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые), и им сопутствующих почвах;

2. Пустынно-степная (полупустынная) зона на светло-каштановых и сопутствующих им почвах, по Л. С. Бергу [73].

При выделении горных зон были объединены территории, обладающие ландшафтной и почвенной общностью, характеризующейся и представленной одним или двумя типами одноименных зональных почв [70, 71].

Вертикальные зоны гор, межгорных долин и предгорных равнин:

1. Низкогорная, местами среднегорная или (и) предгорная степная зона с ландшафтными поясами: степными горных и предгорных черноземов обыкновенных и южных с горно-степными соляными почвами; сухостепным таких же темно-каштановых почв; а также горно-степными соляными поясами - горно-степных термоксероморфных и горных темно-каштановых почв.

2. Низкогорная или (и) предгорная, местами среднегорная, северная лесо-лугово-степная или лесостепная зона с ландшафтными поясами: лугово-лесным горных и предгорных светло-серых лесных, дерновых светлых и лугово-степных соляных почв; лесостепным горно-лесных темно-серых и черноземовидных, местами горно-лесных черноземовидных или горных боровых, - всюду с горно-степными соляными; локально лесостепным послелесных черноземовидных почв; луговым и лугово-степным поясом горных и предгорных черноземов лесостепных, местами с горно-степными соляными почвами, а также лесолуговым поясом горных дерновых темных соляных почв, локально с горно-лесными темно-серыми;

Для отражения на карте пространственного распределения почв на территории области и его анализа была использована классификация почв, основанная на таксономических категориях, разработанных А.А.Соколовым, О.Г. Ерохиной, К.М. Пачикиным, М.М. Кусаиновой применительно для территории Казахстана и выделенная ими на почвенных картах [68, 70, 71].

Равнинная территория Павлодарской области представлена рядом зональных почвенных типов, подтипов и родов почв, распространение которых показано на карте «Почвы Павлодарской области» 1:2500000 масштаба (рисунок 7.1) и к ее легенде (рисунок 7.2.):

Почвы обычных равнин (почвы горизонтальной зональности):

- 1) Тип: черноземы. Подтип: черноземы южные. Род: черноземы южные карбонатные.
- 2) Тип, подтип: лугово-черноземные.
- 3) Тип: каштановые.

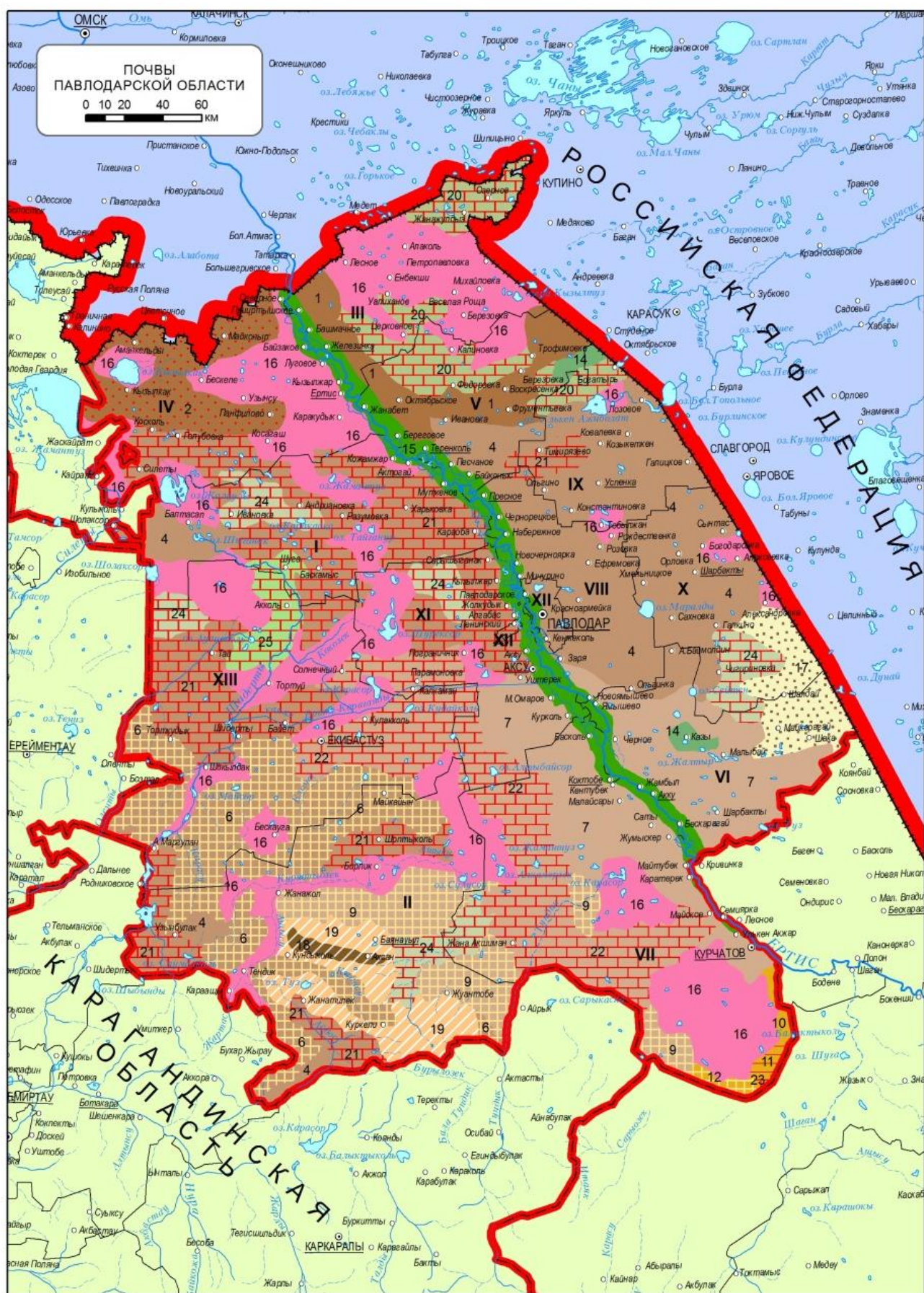


Рисунок 7.1 – Почвы Павлодарской области

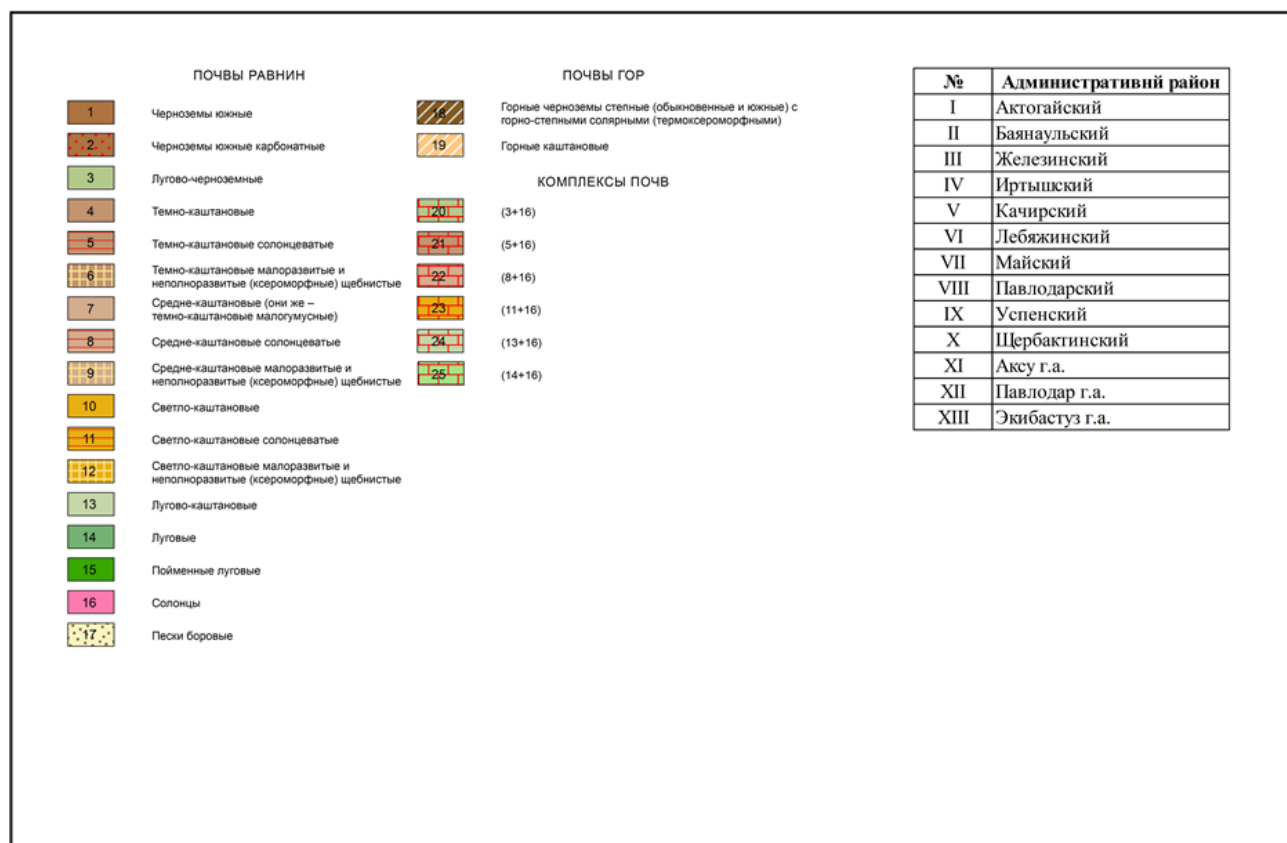


Рисунок 7.2 – Легенда к карте «Почвы Павлодарской области»

Подтип: темно-каштановые. Род: темно-каштановые солонцеватые, темно-каштановые малоразвитые, темно-каштановые неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые;

Подтип: средне-каштановые малогумусные. Род: средне-каштановые солонцеватые, средне-каштановые малоразвитые и средне-каштановые неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые.

Подтип: светло-каштановые. Род: светло-каштановые солонцеватые; средне-каштановые малоразвитые и средне-каштановые неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые.

4) Тип, подтип: лугово-каштановые.

Горные почвы (почвы вертикальной зональности крутых и покатых горных склонов) представлены горными черноземами степными (обыкновенными и южными) с горно-степными солерными (термоксероморфными) и горными каштановыми.

Кроме равнинных и горных зональных почв в области широко распространены интразональные почвы: луговые, пойменные луговые, солонцы и пески боровые. Эти почвы не связаны со строгой закономерностью распределения почв, связанных с природной зональностью и могут находиться в несвойственных им зонах в виде пятен или отдельных массивов. Для территории Павлодарской области характерна также высокая комплексность почвенного покрова, особенно широко распространены комплексы зональных почв с солонцами.

Характеристика состояния почв территории Павлодарской области по типам, подтипам и родам почв:

В пределах подзоны умеренно-засушливых степей на черноземах южных степной зоны распространены нормальные и карбонатные роды почв.

Черноземы южные нормальные развиты на возвышенных участках рельефа, где грунтовые воды залегают глубже 4,5-5 м. Почвообразующими породами служат в основном аллювиальные супесчаные, легкие и средние суглинки разного генезиса. Распространены на большей части территории Кашырского района, также широкой полосой простираются вдоль

правобережья р. Ертис на территории Железинского района. Мощность гумусового горизонта почв составляет 45-47 см. Содержание гумуса на целине составляет 5-6 до 7 %, азота 0,3-0,35 %, на старопашне соответственно 4-5 и 0,25-0,30 %. Характеризуются низким содержанием фосфора.

Черноземы южные карбонатные получили широкое распространение в северной и центральной части территории Ертисского района. Почвообразующими породами служат карбонатные и засоленные глины и тяжелые суглинки. Карбонатность почв обнаруживается с поверхности или с глубины 28-30 см, гипс - в пределах 100-120 см. Содержание гумуса в северной части района составляет 5-6%, в центральной - 3-4%. Подвижными формами фосфора обеспечены мало. Характерной особенностью почв являются большие запасы нитратного азота в профиле.

Лугово-черноземные почвы занимают пониженные элементы рельефа равнин, местами низкие надпойменные террасы рек и озер. Морфологическими особенностями этих почв является более темная окраска гумусовых горизонтов, наличие ржавых пятен и сизых пятен в нижних горизонтах. Почвы в основном среднегумусные (7-9%, на пашне 6-8%), но встречаются малогумусные (4-7%, на пашне 4-6%) и многогумусные (свыше 9%, на пашне более 8%). Общего азота в них 0,4-0,5%, валового фосфора – 0,1-0,2%. Комплексы лугово-черноземные с солонцами распространены в правобережной части р. Ертис, преимущественно на территориях северо-восточной и юго-западной части Железинского, северной и восточной части Кашырского, в крайней северной части Успенского административных районов. Они сформировались по выровненным участкам слабоволнистой озерно-аллювиальной равнины и многочисленным депрессиям рельефа. Почвообразующими породами в основном служат легкие и средние суглинки.

В пределах подзоны сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые) почвах степной зоны распространены темно-каштановые нормальные, солонцеватые, малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые; средне-каштановые нормальные, солонцеватые, малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые роды почв.

Темно-каштановые нормальные почвы распространены преимущественно в западных частях территории Актогайского, Баянауылского, южной части Кашырского, большей части Успенского, Шарбактынского, Павлодарского административных районов и Павлодарской городской администрации. Почвообразующими породами являются супесчаные и суглинистые толщи аллювиального и озерно-аллювиального генезиса. Мощность гумусового горизонта почв варьирует в пределах 38-45 см. Содержание гумуса сверху на целине составляет 3,5-4,5%, на старопашне – 2,5-3,5%, азота 0,2-0,32% и 0,15-0,2% соответственно. Характерной особенностью этих почв является повышенная опесчаненность профиля. Легкорастворимые соли присутствуют на глубине 130-150 см, т.е. профиль данных почв практически не засолен.

Темно-каштановые солонцеватые почвы формируются по межсопочным понижениям, выположенным участкам водораздельных поверхностей, верхним террасам рек в комплексе с солонцами. Значительное распространение почвы имеют на территории Ертисского, западной части Успенского районов, Аксуской, Павлодарской и Екибастузской городских администрациях. Механический состав почв различен – от супесчаного до тяжелосуглинистого. Характерной особенностью почв является: относительно близкое залегание к поверхности растворимых солей. Мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 30-50 см. Содержание гумуса в верхнем горизонте изменяется в пределах 2,5-4,5%, азота 0,15-0,30%. Содержание воднорастворимых солей, в основном гипса, отмечается на глубине 90-100 см.

Темно-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые почвы формируются по вершинам и крутым склонам сопков северных и северо-западных окраин Казахского мелкосопочника в условиях близкого подстилания коренных пород. Распространены в северной и западной части территории Баянауылского района и в юго-

западной и южной части территории Екибастузской городской администрации. Почвенный профиль укороченный, гумуса в верхнем горизонте содержится 2,3-3,8%.

Средне-каштановые почвы (они же - темно-каштановые малогумусные) распространены на территориях большей части Лебяжинского и в восточной части Майского районов. Почвообразующими породами служат супеси, суглинки и пески. Мощность гумусового горизонта составляет 35-45 см, содержание гумуса в них не превышает 1,5-2,5%.

Средне-каштановые солонцеватые почвы на территории области получили широкое распространение в комплексе с солонцами. Почвы приурочены преимущественно к долинам рек и межсопочным понижениям в западной и центральной части территории Майского административного района, восточной части Екибастузской и юго-западной части Аксуской городских администраций.

Средне-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые почвы приурочены к мелкосопочным территориям с близким залеганием коренных пород. Широко распространены в южной части области, на территориях Баянауылского и Майского районов.

Пустынно-степная (полупустынная) зона светло-каштановых почв занимает крайнюю юго-восточную часть территории области. Светло-каштановые почвы представляют собой почвы полупустынь, занимающих промежуточное положение между степями и пустынями. Формирование их обусловлено биоклиматическими условиями, которые к югу изменяются в сторону большей сухости. В пределах зоны развиты нормальные, солонцеватые, малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые роды светло-каштанового подтипа почв.

Светло-каштановые почвы развиваются на незасоленных почвообразующих породах преимущественно средне- и легкосуглинистого механического состава. В пределах территории области они не имеют широкого распространения и встречаются сравнительно однородными массивами по пологим склонам сопок, межсопочным возвышенным равнинам и долинам рек в крайней юго-восточной части территории Майского административного района. Мощность гумусового горизонта почв обычно не превышает 40-50 см. Содержание гумуса в верхнем горизонте 1-2%, с глубиной содержание гумуса уменьшается равномерно, составляя на глубине 30-40 см около 1%. Почвы не солонцеваты и не засолены.

Светло-каштановые солонцеватые почвы в пределах зоны занимают площади, преимущественно в районах развития засоленных суглинистых почвообразующих пород. Они приурочены к долинам рек, озерным впадинам, межсопочным понижениям. Мощность гумусового горизонта равна 25-35 см, мощность верхнего горизонта обычно 13-15 см. Содержание гумуса сверху чаще составляет от 2-2,5 до 3%, азота - 0,07-0,15%. Легкорастворимые соли залегают сравнительно близко от поверхности 50-60 см. В почвенном профиле солевой горизонт обычно отсутствует. Светло-каштановые солонцеватые почвы и их комплексы с солонцами распространены в крайней южной и юго-восточной части территории Майского района.

Светло-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые почвы приурочены к мелкосопочным территориям с близким залеганием коренных пород. Распространены в крайней южной и юго-западной части территории Майского района.

Лугово-каштановые залегают среди каштановых почв, но в понижениях рельефа (низменные равнины, надпойменные речные и озерные террасы, в межсопочные долины, суходолы) с неглубокими (4-6 м) минерализованными грунтовыми водами. На территории области распространены преимущественно комплексы лугово-каштановых почв с солонцами. Они встречаются в основном на незасоленных тяжело- и среднесуглинистых почвообразующих породах на территориях южной части Шарбактынского, северной и крайней юго-западной части Актогайского, восточной части Баянауылского, в западной части Майского районов, а также в северной части Аксуской и северо-западной части Екибастузской городских администраций. Почвы характеризуются мощностью верхнего горизонта - 15-20 см, содержащим гумуса в количестве 4-7%, азота 0,3-0,4%. Карбонатный

горизонт проявляется на глубине 50-60 см, воднорастворимые соли залегают на глубине от 70-80 до 130-140 см. Общая мощность гумусового горизонта колеблется в пределах 30-50 см.

Луговые почвы занимают значительные площади в речных долинах. Залегают в депрессиях рельефа с близкими (1,5 – 3,0 м) пресными или слабо минерализованными грунтовыми водами, за счет которых, а также за счет вод поверхностного стока, они дополнительно увлажняются. Почвообразующие породы чаще древнеаллювиальные. Мощность гумусового слоя обычно до 25 см, но может быть и высоким. Часто встречаются небольшие по площади участки, где содержится гумуса до 12%, в основном содержание гумуса 6-8%. Луговые почвы на территории области встречаются как в виде однородных массивов, так и в комплексе с солонцами, формирование которых связано с неглубоким залеганием минерализованных грунтовых вод (4-5 м). Однородные массивы луговых почв распространены на территориях юго-восточной части Кашырского, центральной части Лебяжинского районов. Комплексы луговых почв с солонцами занимают значительную площадь (левобережье р. Шидерты) в северной части территории Екибастузской городской администрации, и менее значительную площадь (правобережье р. Шидерты) в юго-западной части территории Актогайской городской администрации.

Пойменные луговые почвы развиваются в поймах крупных рек на слоистых аллювиальных наносах, обширные массивы этих почв на территории области приурочены к пойме р. Ертис. Строение этих почв зависит от многих причин, в том числе от продолжительности паводка, залегания грунтовых вод и др. Содержание гумуса – от 1% в молодых пойменных почвах, до 5-6% в пойменных луговых остепененных почвах.

Солонцы на территории области распространяются в основном в комплексе с зональными почвами, а также отдельными массивами на значительной площади территории Железинского, Ертисского, Актогайского, Баянаульского, Майского районов и Екибастузской городской администрации. Незначительные отдельные массивы встречаются и на территориях северной части Кашырского, северной и крайней южной части Успенского, северо-восточной части Шарбактынского районов. Преобладают в основном солонцы натриевые, в которых с глубины 0-30 см обнаруживаются легкорастворимые соли. Солонцы обычно содержат гумуса в верхнем горизонте 2-3% и более, общего азота - не более 0,2%. Бедны валовым фосфором.

Пески боровые ленточных боров (пески под боровыми сосновыми лесами) расположены в юго-восточной части области на территориях Шарбактынского и Лебяжинского районов.

В юго-западной части Баянаульского района, в пределах Казахского мелкосопочника выделяются почвы вертикальной зональности крутых и покатых горных склонов: горные черноземы степные (обыкновенные и южные) с горно-степными соляными (термоксероморфными) и горные каштановые почвы.

Распределение типов почв по административным районам:

I. *Актогайский район.* Территория района полностью расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых почвах степной зоны. Наличие многочисленных озерных котловин обусловили преобладание литологических комплексов повышенной степени засоленности и, как следствие, повышенную комплексность в почвенном покрове. Вокруг озерных котловин при близком залегании грунтовых вод широкой полосой сформировались лугово-каштановые почвы в комплексе с солонцами и значительные по площади массивы солонцов. Большая часть территории района представлена темно-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами. В западной части территории распространены преимущественно темно-каштановые нормальные почвы. В восточной части территории в пойме р. Ертис на слоистых аллювиальных наносах под луговой растительностью представлены пойменные луговые почвы.

II. *Баянаульский район.* Геолого-геоморфологические и биоклиматические особенности района предопределили широкое распространение на территории района зонального каштанового типа почв, представленного темно-каштановыми и средне-

каштановыми подтипами с их малоразвитыми и неполноразвитыми щебнистыми родами. В пределах горных структур низкогорных массивов выделяются два типа зональных почв вертикальной поясности: горные черноземы степные (обыкновенные и южные) с горно-степными солерными (термоксероморфными) и горные каштановые. Темно-каштановые и средне-каштановые малоразвитые и неполноразвитые щебнистые почвы формируются по вершинам и крутым склонам мелкосопочников в условиях близкого подстилания коренных пород. В западной части района располагается значительная площадь темно-каштановых нормальных почв. В пониженных элементах рельефа темно-каштановые солонцеватые почвы образуют комплексы с солонцами. В долинных комплексах преобладают комплексы лугово-каштановых почв с солонцами. Засушливые условия долинных и озерных депрессий предопределили широкое распространение на территории солонцов.

III. *Железинский район*. В западной части территории района по приподнятым участкам высоких речных террас, где грунтовые воды залегают ниже 4,5-5,0 м распространены черноземы южные нормальные. Почвообразующими породами служат аллювиальные супесчаные отложения, легкие и средние суглинки. Равнина, изобилует многочисленными понижениями, занятыми солонцами и лугово-черноземными почвами в комплексе с солонцами. Комплексы лугово-черноземных почв с солонцами характерны для северо-восточной и юго-западной части территории района. Значительное распространение на территории района получили солонцы, в виде однородных массивов, формирование которых связано преимущественно с неглубоким залеганием минерализованных грунтовых вод (4-5 м). По механическому составу почвы средне- и легкосуглинистые карбонатные и засоленные, в северо-восточной и юго-восточной части территории средне и легкосуглинистые.

IV. *Ертісский район*. Северная часть территории района, расположенная в подзоне умеренно-засушливых степей на черноземах южных почвы представлены черноземами южными карбонатными, в южной части, расположенной в подзоне сухих степей на темно-каштановых почвах - темно-каштановыми солонцеватыми почвами в комплексе с солонцами. Равнинность рельефа, наличие озерных котловин обусловили преобладание литологических комплексов повышенной степени засоленности, где при близком залегании грунтовых вод широкой полосой сформировались солонцы. Механический состав различен – глинистые и тяжелосуглинистые карбонатные и засоленные на черноземах южных карбонатных и средне - и легкосуглинистые на солонцах и темно-каштановых солонцеватых в комплексе с солонцами почвах. Интразональные почвы долины р. Ертіс представлены пойменными луговыми почвами

V. *Каширский район*. В западной, центральной и в восточной части района распространены черноземы южные нормальные. Равнина, где они распространены, изобилует многочисленными понижениями, занятыми солонцами, луговыми и лугово-черноземными почвами с солонцами. Значительная площадь комплекса лугово-черноземных почв в комплексе с солонцами расположены в северной части, в восточной части территории получили развитие луговые почвы. Почвы сформировались по выровненным участкам слабоволнистой озерно-аллювиальной равнины и многочисленным депрессиям рельефа в условиях дополнительного увлажнения, как за счет атмосферных осадков, так и за счет дополнительного увлажнения грунтовых вод, залегающих не ниже 3,5-6,0 м. В южной части района, расположенной в подзоне сухих степей широкое распространение получили темно-каштановые нормальные почвы. В пойме р. Ертіс на слоистых аллювиальных наносах под луговой растительностью развиваются пойменные луговые почвы.

VI. *Лебяжинский район*. Территория района полностью расположена в подзоне сухих степей на средне-каштановых почвах степной зоны. На большей части территории района сформировались средне - каштановые нормальные почвы, занимающие пониженные участки равнины, ложбин древнего стока. Почвообразующими породами служат супеси, суглинки и пески. Среди зональной средне-каштановой почвы в центральной части района по древним ложбинам стока, изобилующей озерными котловинами получили луговые почвы. В северо-

восточной части на значительной площади территории района развиты пески боровые под боровыми сосновыми лесами (ленточные боры). В западной части района в пойме р. Ертис на слоистых аллювиальных наносах под луговой растительностью развиваются пойменные луговые почвы.

VII. *Майский район.* Территория района почти вся расположена в почвенной подзоне сухих степей на средне-каштановых почвах степной зоны, и лишь крайняя юго-восточная часть - в пустынно-степной (полупустынной) зоне на светло-каштановых почвах. Светло-каштановые почвы занимают незначительные площади территории района и представлены следующими родами почв: нормальные, малоразвитые и неполноразвитые щебнистые, комплексы светло-каштановых солонцеватых почв с солонцами. Средне-каштановые нормальные почвы широкой полосой распространены на левобережье р. Ертис. По наиболее расчлененным участкам мелкосопочника развиты средне-каштановые малоразвитые и неполноразвитые щебнистые почвы. В равнинной части мелкосопочных территорий широко распространены средне - каштановые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами. На предсопочных преимущественно вокруг озерных котловин и по долинам временных водотоков, сложенных литологическими комплексами повышенной степени засоленности, сформировались лугово-каштановые почв, залегающие в комплексе с солонцами и отдельные крупные массивы солонцов.

VIII. *Павлодарский район.* Территория района полностью расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых почвах, включая малогумусные (средне-каштановые) почвы степной зоны. Большая часть территории представлена темно-каштановыми нормальными почвами, лишь в крайней юго-западной части района почвы - средне-каштановые. Почвообразующими породами являются супесчаные и суглинистые толщи аллювиального и озерно-аллювиального генезиса. В западной части территории в пойме р. Ертис на слоистых аллювиальных наносах под луговой растительностью развиваются пойменные луговые почвы.

IX. *Успенский район.* На большей части территории района распространены темно-каштановые нормальные почвы. Наличие многочисленных ложбин древнего стока и озерных котловин обусловили преобладание литологических комплексов повышенной степени засоленности и, как следствие, повышенную комплексность в почвенном покрове. На крайнем северо-востоке в озерной депрессии, днище которой занимают оз. Улькен Ажбулат в условиях дополнительного увлажнения, как за счет атмосферных осадков, так и за счет грунтовых вод, залегающих не ниже 3,5-6 м сформировались лугово-черноземные в комплексе с солонцами и луговые почвы. В западной части широкой полосой представлены массивы темно-каштановых солонцеватых почв в комплексе с солонцами. В северной и южной части района вокруг озерных котловин развиты отдельные массивы солонцов. Механический состав почв различен – от супесчаного до среднесуглинистого.

X. *Шарбактынский район.* Территория района расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых почвах, включая малогумусные (средне-каштановые) почвы степной зоны. На большей части территории широкое распространение получили темно - каштановые нормальные почвы от глинистого и тяжелосуглинистого в северо-восточной части района, средне- и легкосуглинистого в северной части и до супесчаного в юго-западной части района. Значительное развитие в южной части территории района получили комплексы лугово-каштановых почв с солонцами. В юго-восточной части на значительной площади территории района широкой полосой распространяются пески боровые под боровыми сосновыми лесами (ленточные боры). В восточной части территории в виде однородных массивов встречаются солонцы, формирование которых связано с неглубоким залеганием минерализованных грунтовых вод (4-5 м).

XI. *Аксукая городская администрация.* Территория администрации расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых почвах, включая малогумусные (средне-каштановые) почвы степной зоны. Наличие многочисленных озерных котловин обусловили преобладание литологических комплексов повышенной степени засоленности и, как

следствие, повышенную комплексность в почвенном покрове. На территории широкое распространение получили комплексы почв: темно-каштановые солонцеватые с солонцами, в юго-западной части средне-каштановые солонцеватые с солонцами, лугово-каштановые с солонцами. Вокруг озерных котловин при близком залегании грунтовых вод широкой полосой сформировались солонцы. В восточной части территории в пойме р. Ертис на слоистых аллювиальных наносах под луговой растительностью распространены пойменные луговые почвы.

ХII. Павлодарская городская администрация. На территории администрации представлены темно-каштановые почвы в комплексе с солонцами. В восточной части территории в пойме р. Ертис на слоистых аллювиальных наносах под луговой растительностью распространены пойменные луговые почвы.

ХIII. Екибастузская городская администрация. На территории района значительное распространение получили комплексы почв: комплексы темно-каштановые солонцеватые с солонцами, средне-каштановые солонцеватые с солонцами. В южной части района в пределах мелкосопочных территорий с выходами коренных пород широко развиты темно-каштановые малоразвитые и неполноразвитые щебнистые почвы. Повышенная расчлененность мелкосопочного рельефа предопределила наличие широких долин и озерных котловин, заполненных засоленными литологическими комплексами, в пределах которых сформировались преимущественно комплексы лугово-каштановых, луговых почв с солонцами. Вокруг озерных котловин при близком залегании грунтовых вод широкой полосой распространены солонцы.

Характеристика почвенного покрова равнинных и горных территорий Павлодарской области по типам почв, по их механическому составу и плодородию, а также составленные тематические почвенные карты позволяют не только оценить разнообразие почв и их современное состояние, но и могут служить основой для выработки рекомендаций и мероприятий по рациональному использованию земель сельскохозяйственного назначения.

7.2 Механический состав почв

Разновидности почв определяются по механическому составу верхних почвенных горизонтов и почвообразующих пород. От механического состава верхних горизонтов почвенного профиля зависит тепловой, водный и пищевой режим почвы, её химические, физические и воздушные свойства. Обычно количество содержания питательных веществ уменьшается от тяжелых почв к легким. Так, например, легкие супесчаные и песчаные почвы хорошо и быстро прогреваются солнцем и оттаивают весной, имеют высокую воздухо- и водопроницаемость. В результате высокой аэрации органические вещества растительных остатков и удобрений в таких почвах быстро минерализуются, а процессы гумификации, наоборот, ослабевают. Малая влагоёмкость препятствует накоплению в них влаги и приводит к вымыванию элементов питания и удобрений. Тяжелосуглинистые и глинистые почвы дольше прогреваются, слабо водо- и воздухопроницаемы, плохо впитывают атмосферные осадки. Значительная часть почвенной влаги и запасов элементов питания тяжёлых почв не доступны растениям. В периоды сезонного переувлажнения в них недостает воздуха, и развиваются процессы гидроморфизма и глееения. Лучшими являются почвенные разности среднесуглинистого гранулометрического состава [74].

Почвообразующими породами в северной, центральной и юго-восточной части территории Павлодарской области, принадлежащей к южной части Западно-Сибирской низменности на северо-западе являются четвертичные желто-бурые суглинки, сменяющиеся в Приертирье древнеаллювиальными отложениями легкого механического состава, представляющими легкие суглинки, супеси и пески. Все эти почвообразующие породы подстилаются на различной глубине красно-бурыми третичными соленосными глинами, которые в большинстве случаев не участвуют непосредственно в почвообразовании, но при близком их залегании наряду с другими факторами (сухостью климата и бессточностью равнины) способствуют засолению почвы. В юго-западной части области, расположенной в

наиболее возвышенных и расчлененных участках в пределах Казахского мелкосопочника, почвообразующими породами служат древние кристаллические и осадочные горные породы, сложенные преимущественно гранитами, известняками, песчаниками, сланцами и их элювиями. Вследствие образования на плотных породах почвы мелкосопочника обычно щебнисты. В долине р. Ертис залегают современные аллювиальные отложения [66-67, 72].

По механическому составу на территории области выделены и отражены на карте (рисунок 7.3) следующие разновидности почв: глинистые и тяжелосуглинистые; глинистые и тяжелосуглинистые карбонатные и засоленные; средне- и легкосуглинистые; средне- и легкосуглинистые карбонатные и засоленные; супесчаные; песчаные; щебнистые почвы.

Глинистые и тяжелосуглинистые разновидности обычно типичны черноземам и темно-каштановым почвам. Широкое распространение почвы получили: на левобережье р.Ертис - на территориях Актогайского, восточной части Баянауылского административных районов, на значительной территории Екибастузской, в северо-западной части Аксусской городских администраций; на правобережье р. Ертис - в север-восточной части Шарбақтынского, восточной части Кашырского административных районов.

Глинистые и тяжелосуглинистые карбонатные и засоленные почвы распространены по водораздельным равнинам, сложенными карбонатными и засоленными глинами, тяжелыми суглинками. Лессовидные карбонатные суглинки с высоким содержанием пылеватых частиц, карбонатов и некоторым содержанием сернокислых и хлористых солей широкое распространение получили на территории Ертисского административного района.

Более легкие по механическому составу породы средне- и легкосуглинистые с содержанием частиц физической глины около 25-30% встречаются преимущественно по долинам р. Ертис. Значительное распространение получили на территориях Баянауылского, Павлодарского, Актогайского, Ертисского, в восточной части Железинского, Кашырского, Успенского, Шарбақтынского, в западной части Лебяжинского, Майского административных районов, в Екибастузской, Аксусской и в южной части Павлодарской городских агломерациях.

Средне - и легкосуглинистые карбонатные и засоленные почвы представлены в северо-восточной части области на территории Железинского, и в северной части Кашырского административных районов.

Супесчаные почвы на территории области расположены преимущественно в восточной части Майского, Лебяжинского, юго-западной части Шарбақтынского, западной части Успенского, западной и восточной части Кашырского, западной части Железинского районов.

Песчаные почвы представлены в западной части Актогайского, в восточной и юго-западной части Лебяжинского районов. На юго-востоке области, в юго-восточной части Шарбақтынского и северо-западной части Лебяжинского районов, аллювиальные отложения переработаны эоловыми процессами, в результате чего здесь обособливается аллювиальная равнина борových песков.

Щебнистые почвы развиты преимущественно в пределах Кокшетауской возвышенности с выходами коренных пород. Почвообразующие породы представлены в основном элювиально-делювиальными щебнистыми суглинками, подстилаемыми щебнем (реже плотными породами), местами лессовидными суглинками. Распространены на территориях Баянауылского, Майского административных районов и в юго - западной части Екибастузской городской администрации.

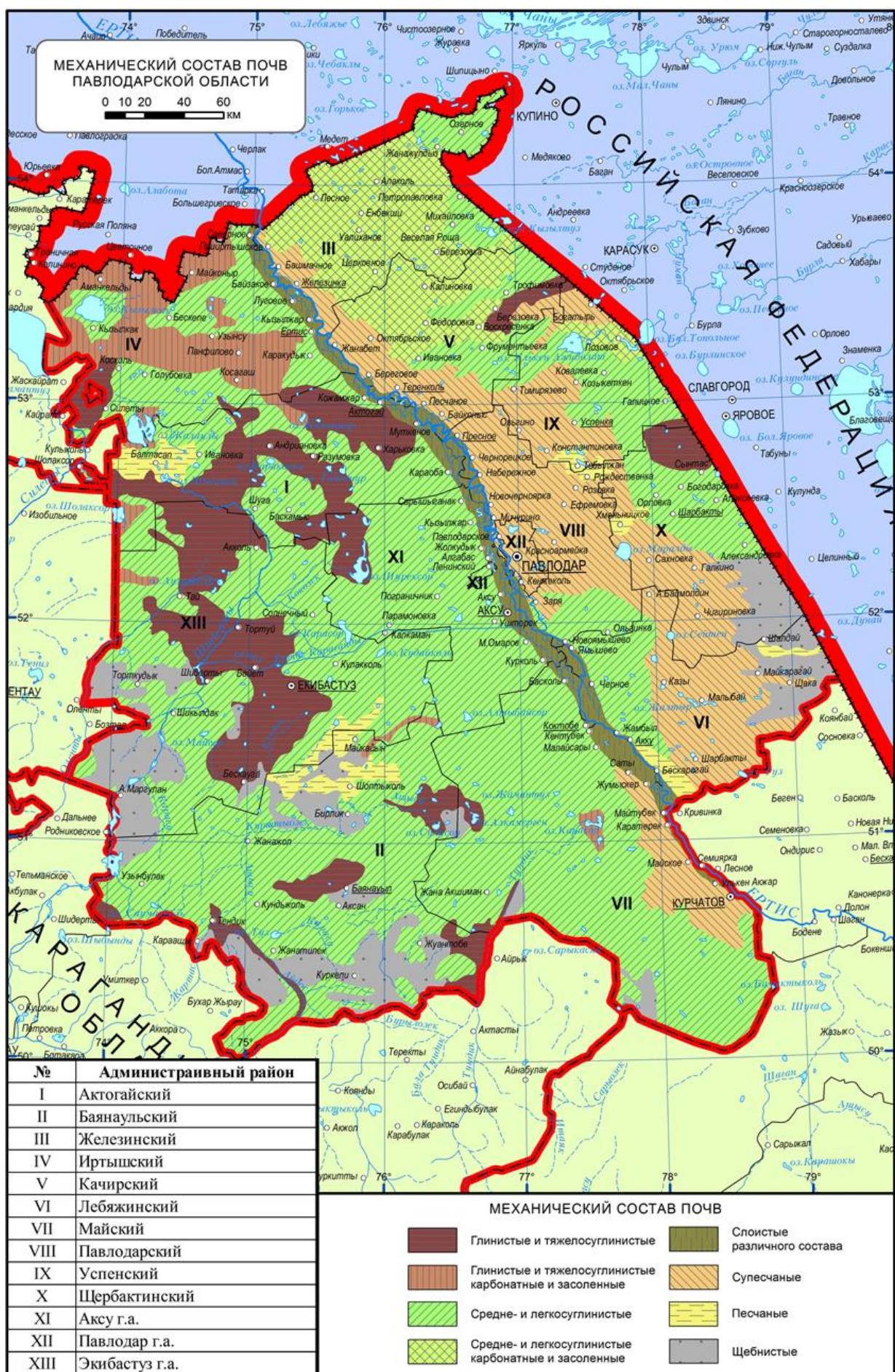


Рисунок 7.3 – Механический состав почв Павлодарской области

8. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Природно-климатические условия Павлодарской области благоприятны для возделывания зерновых, масличных, крупяных и кормовых культур по зонам области и, в первую очередь, продовольственной яровой мягкой пшеницы с высоким содержанием клейковины, пользующейся повышенным спросом на мировых рынках в качестве улучшителя хлебопекарных свойств муки [75, 76, 77, 78, 79, 80, 81]. В Павлодарской области наряду с яровой пшеницей выращиваются подсолнечник, гречиха, просо, ячмень, овес, суданская трава.

8.1 Яровые зерновые культуры

Яровая пшеница

В Павлодарской области наиболее перспективными сортами яровой мягкой пшеницы являются: Ертіс 7, Ертіс 97, Казахстанская 15, Казахстанская 19, Карабалыкская 90, Карагандинская 70, Карагандинская 22, Карагандинская 30, Кондитерская яровая, Лютесценс 32, Омская 18 Павлодарская 93, Памяти Азиева, Самгау, Саратовская 29, Светланка, Северянка, Секе, Шортандинская 2012.

Яровая пшеница должна возделываться в более благоприятных условиях на южных черноземных почвах. Ввиду короткого вегетационного периода на территории области необходимо ориентироваться на сорта среднеспелого и среднепозднего типа созревания, которые наиболее эффективно используют летний максимум осадков, приходящийся на третью декаду июня и первую – вторую декаду июля. Исходя из сложившихся почвенно-климатических условий, доля среднепоздних сортов должна составлять не менее 50-60%, среднеспелых 40-50%. Раннеспелые сорта пшеницы нужно использовать только в крайних случаях при позднем посеве.

Основными предшественниками яровой пшеницы являются поле кулисного пара, бобовые культуры, зерновые.

Исследованиями Павлодарского НИИ сельского хозяйства установлены следующие оптимальные сроки посева пшеницы по зонам области: I зона (южные карбонатные черноземы) – с 20 по 30 мая; II и III зоны (темно каштановые и каштановые почвы) – с 15 по 25 мая.

Рекомендуются следующие нормы высева яровой пшеницы по парам и полупару: I зона – 2,7 - 3,0 млн. штук семян; II и III зоны – 2,2-2,5 млн. штук семян на 1 га.

При размещении по непаровым предшественникам норма высева уменьшается: для I зоны – на 0,3-0,5 млн. шт. для II и III зон – на 0,1-0,2 млн. зерна.

Глубина заделки семян зависит от увлажнения почвы, складывающихся погодных условий и прогноза погоды, семена яровой пшеницы размещаются на твердое ложе во влажный слой почвы. Для I зоны, с почвами тяжелого механического состава, глубина заделки – 5-7 см, для II и III зон, где почвы легкого механического состава – 6-8 см. Использование сеялок для прямого посева позволяет снизить глубину посева до 4- 6см.

В среднем в условиях засушливого климата Павлодарской области рекомендуется применение азотных удобрений в дозах - 30-45 кг/га д.в. Учитывая высокую стоимость фосфорных удобрений, доза фосфора должна быть на уровне 30-40 кг/га. д.в. внесенная до посева и 20 кг/га. д.в. в рядки при посеве.

Основным методом уборки яровой пшеницы является прямое комбинирование и раздельный способ уборки.

Наряду с яровой мягкой пшеницей в Павлодарской области рекомендуется выращивать яровую твердую пшеницу. Районированы следующие сорта: Дамсинская 90, Оренбургская 10.

Яровой ячмень

В Павлодарской области районированы следующие сорта; Медикум 85, Целинный 91. В связи с тем, что ячмень, как правило, идет замыкающей культурой в севообороте, подготовку почвы под него необходимо вести с осени плоскорезами. Во II и III зонах (темно каштановые и каштановые почвы) с осени почву обрабатывают плоскорезными орудиями на глубину 10-12 см, в I зоне (южные карбонатные черноземы) на почвах тяжелого механического состава на 12-14 см.

Исходя из производственных и научных данных, лучше всего ячмень высевать в I зоне после завершения посева пшеницы, что соответствует календарному сроку конца III декады мая, во II-III зонах – с 15 по 25 мая. Посев в эти сроки обеспечивает прохождение стадии трубкования, колошения и налива зерна в период максимального выпадения летних осадков (июль – начало августа).

Глубина заделки семян определяется увлажнением почвы, характером весны. В засушливые весны при посеве сеялками с культиваторными лапами семена заделываются на тяжелых почвах I зоны во влажный слой почвы на глубину 5-7 см, на легких почвах II-III зон – на 7-8 см от дна бороздки во влажный слой почвы. При прямом посеве семена яровой пшеницы укладываются на глубину 4-6 см.

Рекомендуются следующие нормы высева (млн. зерен на 1 га): I зона – 2,7-3,0, II и III зоны – 2,0-2,5 млн. всхожих зерен на 1 га. При размещении ячменя для семенных целей по паровым предшественникам норма высева увеличивается на 0,2-0,3 млн. всхожих зерен на 1 га.

Фосфорные удобрения вносятся в дозе 10-20 кг/га P_2O_5 одновременно с посевом. При низкой обеспеченности азотом эффективно внесение азотных удобрений перед посевом или при посеве в дозах 20-45 кг д.в. на 1 га.

Уборка урожая проводят прямым комбинированием и раздельным способом: при урожайности до 7 ц/га уборка ведется прямым комбинированием; при урожайности от 7 до 11 ц/га прямым комбинированием и при урожайности более 11 ц/га основными способами уборки являются раздельный способ и прямое комбинирование.

Овес

Основные сорта культуры овса, выращиваемые в Павлодарской области – Арман, Байге, Иртыш 15.

На основе широкого производственного и научного опыта установлено, что лучший срок сева для I зоны – с 28 по 30 мая, для II и III – с 20 по 27 мая.

Рекомендуются следующие оптимальные нормы высева семян: I зона (южные карбонатные черноземы) – 2,7-3,0 млн. всхожих зерен на 1 га; II и III (темно каштановые и каштановые почвы) – 2,0-2,5 млн. шт.

Семена овса в первой зоне следует заделывать во влажный слой почвы на 5-7 см, во второй и третьей зонах на почвах легкого механического состава – на 7-8 см от дна бороздки. При прямом посеве семена овса заделываются на глубину 4-6 см. во влажный слой почвы.

В условиях Павлодарской области преимущество отдается раздельной уборке, так как в этом случае можно на 5-7 дней раньше начать уборочные работы, зерно при обмолоте получается суше и чище, посевные и технологические качества его выше, повышается производительность машин при скашивании и обмолоте, увеличивается урожай, поскольку нет потерь от осыпания зерна. Уборку прямым комбинированием целесообразно проводить только при условии, если у 95% колосьев в полевом стеблестое наступила полная спелость.

8.2 Крупяные культуры

Гречиха

В Павлодарской области возделываются сорта гречихи: Богатырь, Сумчанка, Шортандинская-2.

Оптимальными сроками сева в условиях I (южные карбонатные черноземы), II и III зон (темно каштановые и каштановые почвы) является период с 30 мая по 5 июня. При посеве в эти сроки гречиха, хорошо используя запасы почвенной влаги, осадки второй половины лета для формирования репродуктивных органов, легко переносит засуху июня. Оптимальные нормы высева в разрезе зон следующие (млн. шт./га всхожих семян): для I зоны – 1,8-2,0, для II и III зон – 1,3-1,5 млн. На низких и средних фонах обеспеченности фосфором и азотом необходимо вносить при посеве в рядки 30-40 кг. нитроаммофоса.

К уборке гречихи следует приступать при побурении на растениях 75-80% образовавшихся плодов и заканчивать в сжатые сроки (4-5 дней). Основной способ уборки гречихи - раздельный.

Просо

В Павлодарской области возделываются сорта просо Павлодарское, Саратовское 6, Памяти Берсиева. Высевают просо по чистым от сорных растений предшественникам, лучшими из которых являются пласт многолетних трав, однолетние травы, овес. Оптимальный срок посева - конец мая - начало июня. Просо как мелкосеменная культура очень требовательна к влажности посевного слоя почвы. Норма посева -12-15 кг на 1 гектар. При возделывании на сено норма высева составляет 10 кг/га. Оптимальная глубина высева семян просо 4-5 см. во влажный слой почвы. Хорошие результаты по всхожести семян просо достигаются при посеве сеялками для точного посева. Перспективно выращивать смесь просо с горохом для получения зеленой массы. Оптимальное сочетание по смеси: горох – 0,4 млн. и просо - 3,0 млн. на 1 гектар.

8.3 Зернобобовые культуры

Горох

В Павлодарской области культуру гороха лучше высевать на черноземных почвах. Районирован сорт горох Неосыпающийся 1.

В условиях Павлодарской области сроки посева гороха устанавливаются таким образом, чтобы фазы максимального роста растений совпадали с периодами выпадения осадков (конец июня – начало июля). Поэтому в зависимости от длины вегетационного периода сортов гороха, его следует высевать в сроки с 15–17 по 31 мая. Позднеспелые сорта необходимо высевать с 15–17 по 24–25 мая, отдавая предпочтение более ранним посевам, так как в годы с достаточным количеством осадков и понижением температуры воздуха в летнее время вегетационный период гороха удлиняется и уборка его, зачастую, выпадает на конец сентября – начало октября.

В связи с тем, что почвы Павлодарской области в большинстве случаев бедны доступным фосфором, для реализации потенциальных возможностей гороха содержание P_2O_5 должно быть в пределах средней обеспеченности (1,5–3,0 мг на 100 г почвы). На полях, которые имеют этот показатель ниже, при посеве в рядки должны вноситься фосфорные удобрения из расчета 10–20 кг д.в. двойного гранулированного суперфосфата на 1 га. В качестве рядкового удобрения можно использовать и сложные удобрения, поскольку в их составе есть азот, необходимый гороху в начальные фазы его развития. Горох следует убирать при влажности семян 18–20%, чтобы уменьшить риск механического повреждения семян.

8.4 Масличные культуры

Подсолнечник

В Павлодарской области районированы следующие сорта и гибриды подсолнечника: Восточный, Джази, Заря, Ислеро, Казахстанский 1, КСФ 7112, ЛГ 5525, ЛГ 5633 КЛ, ПР 63 А 40, Роки, Санай МР, Сибирский 91, Солнечный 20, СПК Кондитерский, ХФ 4917.

Посев подсолнечника необходимо проводить в наиболее ранние сроки (первая-начало второй декады мая). Это дает возможность раньше начать уборку, значит сократить потери

урожая, т.к. она будет совпадать с выпадением осадков в виде дождя и снега. Глубина размещения семян 4-5 см во влажные весны и до 607 см при иссушении верхнего слоя почвы. Густота посевов составляет 25-40 тыс. растений на 1 гектар (2-3 растения на 1 погонный метр). Основной способ посева - пунктирный, с шириной междурядий 70 см сеялками для точного высева. Пред началом цветения подсолнечника необходимо вывозить пасеки пчелосемей из расчета 1-2 на 1 гектар.

Подсолнечник убирают прямым комбинированием зерноуборочными комбайнами с приспособлениями. Подсолнечник на силос убирают силосоуборочными комбайнами в начале образования корзинок и до начала цветения.

8.5 Кормовые культуры

Кукуруза на корм

В засушливой степи Павлодарской области в посевах кукурузы должны преобладать среднеранние и среднеспелые сорта и гибриды, с коротким вегетационным периодом 80-90 дней. Районированные гибриды кукурузы в области: Алтай 250 МВ, Каз 3П 200, ЛГ 3232, Молдавский 215 МВ, Одесский 80 МВ, Сары-Арка 150 АСВ. Посев кукурузы производится в третьей декаде мая. Желательно его завершить до 25 мая.

Уборку на силос производят в фазу молочно-восковой и восковой спелости початков и осуществляется силосно-уборочными комбайнами при влажности растений 67-75%. Уборка и силосование включают следующие операции: скашивание с измельчением и погрузкой, транспортировку и разгрузку, разравнивание и уплотнение массы, герметизацию и укрытие силосной массы в траншеях.

Суданская трава

В Павлодарской области районирован сорт суданской травы Алина. Суданская трава теплолюбивая культура, поэтому посев её проводится в хорошо прогретую почву, когда температура на глубине заделки семян достигнет 15-18 градусов. Оптимальный период посева суданки с 20 по 31 мая.

На сено суданскую траву убирают в начале фазы вымётывания. Скашивание суданки на сенаж проводят в фазу выхода в трубку. Суданскую траву на семена убирают в основном раздельным способом. К скашиванию в валки приступают при созревании семян на центральных стеблях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Колосков П.И. Агроклиматическое районирование Казахстана. – М.: Издательство академии наук СССР, 1947. – 267 с.
- 2 Агроклиматические и водные ресурсы районов освоения целинных и залежных земель. Под ред. Ф.Ф.Давитая. – Л.: Гидрометеиздат, 1955. – 465 с.
- 3 Утешев А.С. Климат Казахстана. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. 370 с.
- 4 Агроклиматический справочник по Павлодарской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 131 с.
- 5 Агроклиматические ресурсы Павлодарской области / под ред. Э.С. Зарембо. –Алма-Ата: Алма-Атинская гидрометеорологическая обсерватория, 1971. – 180 с.
- 6 Байшоланов С.С. О проблемах агрометеорологического прогнозирования в Казахстане // Вестник КазГУ, Серия географическая Вып. 1(11). 2001. – Алматы, КазГУ. С. 32–37.
- 7 Лосев А.П. Практикум по агроклиматическому обеспечению растениеводства. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 243 с.
- 8 Шульгин А.М. Агрометеорология и агроклиматология. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 200 с.
- 9 Грингоф И.Г., Клещенко А.Д., Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011. – 808 с.
- 10 Севастьянова Л.М., Николайченко Ю.Н. Потенциальные ветро– и гелиоэнергетические ресурсы в Алтайском крае // Вестник Томского государственного университета. 2012. – № 365. – С. 187–193.
- 11 Мищенко З. А. Агроклиматология: учебник. – К.: КНТ, 2009. – 512 с.
- 12 Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1992. – 424 с.
- 13 Руководство по агрометеорологической практике. Второе издание. ВМО – №134 Женева, 1981. – С.106–107.
- 14 Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения. //Тр. ГМЦ СССР. Вып. 156, 1975. – С.19–39.
- 15 Руководство для пользователей стандартизированного индекса осадков // Погода–Климат–Вода. ВМО –№1090, 2012. – 25 с.
- 16 Григорук В.В., Аюлов А.М., Долгих С.В. Байшоланов С.С. Акмолинская область: климат и урожай. Алматы, 2012. – 88 с.
- 17 Байшоланов С.С. О повторяемости засух в зерносеющих областях Казахстана // Гидрометеорология и экология. № 3. Алматы, 2010. РГП «Казгидромет», С. 27-38.
- 18 Серякова Л.П. Агрометеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. -180 с.
- 19 Справочник по показателям и индексам засушливости. ВМО–№ 173. 2016. – 60 с.
- 20 Грингоф И.Г., Пасечнюк А.Д. Агрометеорология и агрометеорологические наблюдения. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2005. -525 с.
- 21 Страшная А.И., Пурина И.Э., Чуб О.В., Задорнова О.И., Чекулаева Т.С. Автоматизированная технология мониторинга и расчета количества декад с почвенной и атмосферно-почвенной засухой под зерновыми культурами // Труды Гидрометцентра России, 2013. Вып. 349. – С. 150-160.
- 22 Зойдзе Е.К., Хомякова Т.В. Основы оперативной системы оценки развития засух и ее опыт экспериментальной эксплуатации // Труды ВНИИСХМ. 2002. Вып. 34. – С. 48–66.
- 23 Дмитриева Л.И. Оценка временной изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур /Методическое указание/ -Одесса: ОГМИ, 1985. -19 с.
- 24 Муканов Е.Н. Байшоланов С.С. Районирование и оценка засушливости вегетационного периода на территории Казахстана // Материалы международной научной конференции

- молодых ученых «Актуальные проблемы прикладной гидрометеорологии». - Одесса: ОДЕКУ, 2012. –С. 100-104.
- 25 Пасечнюк, Л.Е., Сенников В.А. Агроклиматическая оценка суховея и продуктивность яровой пшеницы. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 126 с.
 - 26 Методические указания по составлению «Научно-прикладного справочника по агроклиматическим ресурсам СССР (серия 2, ч. 1 и 2). – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 149 с.
 - 27 Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Под ред. Медеу А.Р. – Алматы, 2010. – 264 с.
 - 28 Методические указания по определению влияния неблагоприятного природного явления на вегетацию сельскохозяйственных культур для определения факта наступления страхового случая. РГП «Казгидромет». Алматы, 2006. – 24 с.
 - 29 Долгих С.А. Опасность сильных дождей // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Под ред. Медеу А.Р. – Алматы, 2010. -С. 138.
 - 30 Чередниченко А.В. Опасность градобития // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Под ред. Медеу А.Р. –Алматы, 2010. –С. 142.
 - 31 Байшоланов С.С., Пиманкина Н.В. Риск и опасность сильных метелей // Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Республике Казахстан. Под ред. Медеу А.Р. –Алматы, 2010. – С. 152-154.
 - 32 Агроклиматические ресурсы Алматинской области Казахской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 199 с.
 - 33 Агроклиматический справочник по Акмолинской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 135 с.
 - 34 Бадина Г.В. Возделывание бобовых культур и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 241 с.
 - 35 Толковый словарь по сельскохозяйственной метеорологии. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 470 с.
 - 36 Гордеев А.В., Клещенко А.Д., Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматический потенциал России: теория и практика. –М.: Т-во научных изданий КМК. 2006. –512 с.
 - 37 Акшалов К.А. Высокоэффективные технологии возделывания зерновых культур в полужасушливых условиях Северного Казахстана. Методические рекомендации. 2009. –57 с.
 - 38 Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Том 1. Л.:Гидрометеиздат, 1984. - 290 с.
 - 39 Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий периода уборки зерновых культур. Москва: Гидрометеиздат, 1975. - 31 с.
 - 40 Колосков П.И. О биоклиматическом потенциале и его распределении по территории СССР // Труды НИИАК Вып. 23. 1953. – С. 90–111.
 - 41 Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 248 с.
 - 42 Сапожникова С.А. Опыт интегральной сельскохозяйственной оценки климата территории социалистических стран Европы / С.А.Сапожникова // Агроклиматическое районирование пяти основных сельскохозяйственных культур на территории социалистических стран Европы. – София. Изд-во Болгарской АН, 1979. – С. 99–120.
 - 43 Батталов Ф.З. Сельскохозяйственная продуктивность климата для яровых зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 112 с.
 - 44 Сиротенко О.Д. Математические модели водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 167 с.
 - 45 Павлова В.Н. Развертка информации о возможных изменениях климата для расчетов по динамическим моделям формирования урожая // Труды ВНИИСХМ. Вып. 21. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 84–92.

- 46 Абашина Е.В., Сиротенко О.Д. Прикладная динамическая модель формирования урожая для имитационных систем агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства // Труды ВНИИСХМ Вып. 21. –Л.: Гидрометеиздат, 1986. – С. 13–18.
- 47 Сиротенко О.Д. Имитационная система климат–урожай СССР // Метеорология и гидрология, № 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. –С. 67–73.
- 48 Сиротенко О.Д., Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Абашина Е.В., Павлова В.Н. Современные климатические изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агросферы России // Метеорология и гидрология, №8, – М.: Росгидромет, 2007. –С. 90–103.
- 49 Сиротенко О.Д., Клещенко А.Д., Павлова В.Н., Абашина Е.В., Семендяев А.К. Мониторинг изменений климата и оценка последствий глобального потепления для сельского хозяйства. – Агрофизика, №3, 2011. –С. 31–39.
- 50 Павлова В.Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке // Труды ГГО, Вып. 569. 2013. –С. 20–37.
- 51 Официальный Интернет-ресурс Павлодарской области [электронный ресурс] – 2006–2014. - URL: <http://pavlodar.gov.kz> (дата обращения 19.10.2015).
- 52 Официальный Интернет-ресурс Павлодарской области [электронный ресурс] – 2017. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Павлодарская_область.
- 53 Кассин Н.Г. Очерк гидрогеологии северо-восточной части Казахстана и прилегающих к нему частей Сибирского края – Л.: Изд-во «Геол. ком», 1929. – 48 с.
- 54 Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии – Л.: Изд-во «ЛГУ», 1965. – 56 с.
- 55 Жандаев М.Ж. Речные долины. - Алма-Ата: Казахстан, 1984. - 184 с.
- 56 Веселов В.В., Сыдыков Ж.С. Гидрогеология Казахстана. - Алматы: Институт гидрогеологии им. У.М. Ахмедсафина, 2004. - 484 с.
- 57 Базарбеков К.У., Ляхов О.В. Животный мир Павлодарского ПриЕртыся (позвоночные животные). – Павлодар, 2004. - 336 с.
- 58 Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 528 с.
- 59 Научно–прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Части 1–6. Выпуск 20. Томская, Новосибирская, Кемеровская области, Алтайский край. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 717 с.
- 60 Научно–прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Выпуск 18. Казахская ССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 514 с.
- 61 Сарсенбаев М.Х., Калдарбекова Ж.М. Испаряемость, ее определение и распределение по ландшафтным зонам Казахстана // Гидрометеорология и экология. № 3. –Алматы, 2014. РГП «Казгидромет» С.105–112.
- 62 Журавлев Г.Г., Задде Г.О. Оценка ветроэнергетического потенциала Кемеровской области // Вестник Томского государственного университета. 2013. – № 376. – С. 175–181.
- 63 Дробышев А.Д., Пермьяков Ю.В. Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1997. – 112 с.
- 64 Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под ред. Н.В.Кобышевой и К.Ш.Хайруллина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 320 с.
- 65 Республика Казахстан. Том 3: Окружающая среда и экология. Под. ред. Медеу. А.Р. 2–е изд. –Алматы, 2010. – С. 134–147.
- 66 Почвы Казахской ССР. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1983. – 238 с.
- 67 Почвенная карта Казахской ССР. Под редакцией У.У. Успанова. М–ба 1:2500000. – М.: Изд-во «ГУГК», 1976. – 2 с.

- 68 Ерохина О.Г., Кусаинова М.М., Соколов А.А., Пачикин К.М. Почвенная карта // Национальный атлас Республики Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. – Алматы, 2006. – С. 96–97.
- 69 Плодородие почв // Национальный атлас Республики Казахстан. Том 3: Окружающая среда и экология. – Алматы, 2006. – 85 с.
- 70 Ерохина О.Г., Кусаинова М.М., Соколов А.А., Пачикин К.М. Почвы Казахстана // Республика Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. – Алматы, 2006. – С. 316–361.
- 71 Соколов А.А. Природные зоны Казахстана // Агрохимическая характеристика почв СССР. Казахстан и Челябинская область. – М.: Изд-во «Наука», 1968. – С. 9–24.
- 72 Дурасов А.М., Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 152 с.
- 73 Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза, учебное пособие. – Т. 2. – М.: Изд-во «Географгиз», 1952. – 510 с.
- 74 Дмитриевский Ю.Д. Природно-ресурсный потенциал и природно-ресурсное районирование // Географические исследования регионального природно-ресурсного потенциала. – Саранск, 1991. – С. 13 – 20.
- 75 Ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Павлодарской области. Рекомендации. – Павлодар: ТОО НПФ «ЭКО», 2015. – 77 с.
- 76 Приемы освоения высвобожденных пахотных земель в Павлодарской области. Рекомендации. – Павлодар, 2011. – 11 с.
- 77 Возделывание нетрадиционных культур для производства кормов в Павлодарской области. – Павлодар, 2011. – 19 с.
- 78 Технология возделывания многолетних и однолетних трав. Рекомендации – Павлодар: ТОО НПФ «ЭКО», 2005. – 10 с.
- 79 Овес в Северном Казахстане. Рекомендации // Р.Н. Оковитая, Г.В. Жлоба, Н.Н. Слепкова, Г.В. Девяткина и др. – Астана, 2013. – 35 с.
- 80 Система защиты зерновых, зернобобовых и масличных культур от вредителей, болезней и сорняков в Северном Казахстане. Рекомендации. – Шортанды: НПЦЗХ им. А.И. Бараева АО «КазАгроИнновация», 2008. – 96 с.
- 81 Акшалов К.А. Высокоэффективные технологии возделывания зерновых культур в полужасушливых условиях Северного Казахстана: методические рекомендации. – Шортанды: НПЦЗХ им. А.И. Бараева, 2009. – 57 с.