

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ТОО «ИНСТИТУТ ГЕОГРАФИИ»

АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КОСТАНАЙСКОЙ 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)
к.т.н. Павлова В.Н. (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)
Кужинов М.Б. (раздел 8)
Чернов Д.А. (картографические материалы)

Агроклиматические ресурсы Костанайской области: научно–прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова – Астана, 2017. – 139 с.

ISBN 978-601-7150-86-0

Приведены текстовые, табличные и картографические материалы о климатических условиях, агроклиматических ресурсах, биоклиматическом потенциале территории, агроклиматических зонах, неблагоприятных для сельского хозяйства погодных явлениях (засуха, суховей, 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 978-601-7150-86-0

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.....	46
3.3 Ресурсы тепла.....	49
3.3.1 Режим температуры воздуха.....	49
3.3.2 Климатические сезоны года.....	54
3.3.3 Континентальность климата.....	55
3.3.4 Продолжительность вегетационного периода.....	55
3.3.5 Теплообеспеченность вегетационного периода.....	59
3.4 Ресурсы влаги.....	62
3.4.1 Режим атмосферных осадков.....	62
3.4.2 Режим снежного покрова.....	64
3.4.3 Режим увлажнения почвы.....	66
3.4.4 Влагообеспеченность вегетационного периода.....	69
3.4.5 Засушливость вегетационного периода.....	72
3.5 Биоклиматический потенциал.....	75
3.6 Режим влажности воздуха.....	76
3.7 Режим ветра.....	78
3.8 Температурный режим почвы.....	83
4 НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ	86
4.1 Засуха.....	86
4.2 Суховей.....	90
4.3 Заморозки.....	92
4.4 Гроза.....	94
4.5 Градобитие.....	95
4.6 Пыльные бури.....	96
4.7 Метели.....	96
5 КЛИМАТИЧЕСКИЕ СРОКИ ФАЗ РАЗВИТИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	98
5.1 Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур.....	98
5.2 Климатические сроки созревания и начала уборки урожая ранних яровых зерновых культур.....	99
6 АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	104

7 ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ.....	114
7.1 Типы почв.....	114
7.2 Механический состав почв.....	123
8 ОСНОВНЫЕ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ.....	126
8.1 Яровые зерновые культуры.....	126
8.2 Зернобобовые культуры.....	128
8.3 Масличные культуры.....	130
8.4 Кормовые культуры.....	132
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	136

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 знать только условия погоды, но и надо учитывать потребности самой 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 Костанайской 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 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 называют 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 – $Q_{\text{Ф}}$, 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]:

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

где $\sum Q_{\text{Ф}}$ – 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 действия 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.);

– фотопериодически 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. 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;
- месячные 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 в дату 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 . 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 умеренных широтах. 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_{II}) 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]:

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

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:

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

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, уровня агротехники.

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 благоприятными являются 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:

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

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_в – 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 наступления, засух;
 $\sum t$ – сумма положительных среднесуточных температур от даты перехода температуры через 0°C.

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]:

$$Dв = Rn/LP, \quad (1.10)$$

где Rn – 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 Rn 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 (I_m) с некоторыми незначительными изменениями для того, чтобы описать количественно сухие климаты. В этом уравнении [13]:

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

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]:

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

При низких температурах это приближение становится неверно, но обобщение, что I_m 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 I_m от минус 50 до минус 85. Картер и Матер (1966 г.) определили граничное значение I_m – 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. Педея – 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 ΔT , ΔQ , Δw – 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 Педея 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.

В уравнении осадки холодного периода косвенно характеризуют запасы влаги в почве на период посева (начало вегетации) сельскохозяйственных культур. Также К, в определенной степени может характеризовать и общую засуху (атмосферно–почвенная). 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	Оценка влагообеспеченности	Степень увлажнённости
< 0,20	Сухо	Сухая
0,20 – 0,39	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 увлажненная
1,00 – 1,19	Оптимальная и устойчивая влагообеспеченность	Умеренно увлажненная
1,20 – 1,39	Избыток влаги	Обильно увлажненная
≥ 1,40		Избыточно увлажненная

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, Кызылжум 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) 9 мм и ниже, а метрового слоя – ниже 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.

В весенне–летний период, когда запасы продуктивной влаги в почве особенно важны для развития сельскохозяйственных культур, почвенная засуха должна определяться 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 зоны 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 коэффициентом увлажнения предложенного Байшолоновым 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 ежедекадного 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] Байшолоновым 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	Степень засушливости
< 0,40	Сильно засушливо
0,40 – 0,59	Умеренно засушливо
0,60 – 0,79	Слабо засушливо
≥ 0,80	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 и 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 Актюбинской 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, прядильные 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 $0,5^{\circ}\text{C}$;

– 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 Ертіс–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 (Мырзаколь 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 посвящено 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 наветренной 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 заделки 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 -30°С, а при высоте снега 27 см неопасны морозы до -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 заделки растений [32]

Абсолютный минимум температуры воздуха, °С	Средняя высота снежного покрова при различных условиях осенней заделки, 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 периода, 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) были взяты с шагом 0,2, в пределах, наблюдаемых на равнинной территории Казахстана (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 по территории Казахстана средних многолетних значений К и сумм активных температур воздуха выше 10°C позволил нам разделить равнинную территорию 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	2000–2300
II	Слабовлажная умеренно теплая	0,8–1,0	2200–2500
III	а) Слабо засушливая умеренно теплая	0,6–0,8	2400–2500
	б) Слабо засушливая теплая		2500–3000
IV	а) Умеренно засушливая теплая	0,4–0,6	2500–3000
	б) Умеренно засушливая умеренно жаркая		3000–3500
V	а) Очень засушливая умеренно жаркая	0,2–0,4	3000–3500
	б) Очень засушливая жаркая		3500–4000
VI	а) Сухая жаркая	< 0,2	3500–4000
	б) Сухая очень жаркая		> 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; E – 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 сорта 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 беззаморозкового 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, °С

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
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	5	10	1250	20
	среднеспелые			1450	
	позднеспелые			1550	
Озимая рожь	раннеспелые	5	10	1300	30
	среднеспелые			1350	
	позднеспелые			1400	
Озимая пшеница	раннеспелые	5	10	1400	25
	среднеспелые			1450	
	позднеспелые			1500	
Кукуруза	раннеспелые	10	10	2200	0
	среднеспелые			2500	
	среднепоздние			2700	
	позднеспелые			2900	
Гречиха*	раннеспелые	7	10	1200	0
	среднеспелые			1300	
	позднеспелые			1400	
Просо	наиболее раннеспелые	10	10	1600	15
	среднеспелые			1700	
	позднеспелые			1900	
Сорго	раннеспелые	12	12	2400	-10
	среднеспелые			2500	
	позднеспелые			2900	
Рис	раннеспелые	15	20	2500 (≥15°C)	0
	среднеспелые			2820 (≥15°C)	-12
	позднеспелые			3320 (≥15°C)	-12
Фасоль*	раннеспелые	12	12	1500	0
	среднеспелые			1700	
	позднеспелые			1900	
Горох	раннеспелые	5	10	1250	10
	среднеспелые			1400	6
	позднеспелые			1550	6
Соя	наиболее раннеспелые	10	10	2140	-8
	раннеспелые			2340	-8
	среднеспелые			2560	-12
	позднеспелые			3060	-12
Бобы	Раннеспелые	7	10	1400	0
Чечевица	раннеспелые	5	10	1400	10
	среднеспелые			1500	6
Чина	раннеспелые	5	10	1500	6
	среднеспелые			1700	
Нут	раннеспелые	6	12	1400	0
	среднеспелые			1500	
	позднеспелые			1600	
Люпин	раннеспелые	6	12	1400	12
	среднеспелые			1700	
	позднеспелые			2100	
Рапс яровой	раннеспелые			1800	
	позднеспелые			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	8	12	1850	0
	среднеспелые			2000	
	позднеспелые			2300	
Лен масличный	раннеспелые	7	10	1450	6
	среднеспелые			1550	
Лен долгунец	раннеспелые	7	10	1400	6
	среднеспелые			1500	
Огурцы*	раннеспелые			1200	0
	среднеспелые			1300	
	позднеспелые			1450	
Томаты*	раннеспелые			1500	0
	среднеспелые			1600	
	позднеспелые			1700	
Капуста	раннеспелые			1400	0
	среднеспелые			1500	
	позднеспелые			1650	
Картофель	раннеспелые	10	10	1200	0
	среднеспелые			1500	
	позднеспелые			1800	
Сахарная свекла	раннеспелые			2000	
	среднеспелые			2200	
	позднеспелые			2400	
Хлопчатник*	раннеспелые	12	15	3100 ($\geq 15^{\circ}\text{C}$)	0
	среднеспелые			3400 ($\geq 15^{\circ}\text{C}$)	
	позднеспелые			4000 ($\geq 15^{\circ}\text{C}$)	

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 K . 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».

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 определится 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%) потребуются 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:

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

где БКП – относительные значения биоклиматического потенциала;

$K_{P(KV)}$ – 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.

$K_{P(KV)}$ 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 энергообмена 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 $мг/см^2$ 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 $5^\circ C$ 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

Костанайская область расположена в северной части Казахстана. На севере и северо-западе граничит с тремя областями Российской Федерации (Курганская, Челябинская, Оренбургская), на юго-западе – с Актюбинской областью, на юго-востоке – с Карагандинской областью, на востоке – с Акмолинской и Северо-Казахстанской областями. Площадь территории области составляет 197 тыс. км². Протяженность территории области с севера на юг составляет около 800 км, а с запада на восток – более 400 км [51].

В состав Костанайской области входят 16 административных районов, областной центр – г. Костанай. Также имеются 5 городов, 8 посёлков, 245 сельских (аульных) округов (таблица 2.1, рисунок 2.1) [52].

Таблица 2.1 – Административное деление Костанайской области [52]

Район	Районный центр	Площадь, тыс. км ²
Аркалык г.а.	г. Аркалык	
Рудный г.а.	г. Рудный	
Лисаковск г.а.	г. Лисаковск	
Алтынсаринский	а. Обаган	5,4
Аманкельдынский	а. Аманкельды	22,6
Аулиекольский	а. Аулиеколь	11,1
Денисовский	с. Денисовка	6,8
Жанкельдынский	а. Торгай	37,6
Житикаринский	г. Житикара	7,11
Камыстынский	а. Камысты	12,1
Карабалыкский	п. Карабалык	0,64
Карасуский	а. Карасу	12,8
Костанайский	п. Затобольск	7,5
Мендыкаринский	с. Боровское	6,61
Наурызымский	а. Караменды	15,2
Сарыкольский	п. Сарыколь	6,11
Тарановский	а. Таран	7,6
Узынкольский	а. Узынколь	7,2
Фёдоровский	с. Фёдоровка	7,2

Рельеф и геологическое строение

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

На рисунке 2.2 отражена физико-географическая карта Костанайской области. Территория области характеризуется относительно равнинным рельефом. Север области находится в пределах юго-западной окраины Западно-Сибирской равнины, центральная часть занята равнинами Торгайского плато с высотами 200-330 м, которые постепенно понижаются к югу до 150-170 м. Северо-западная окраина области расположена на холмисто-мелкосопочных возвышенных равнинах Зауральского плато, на юго-востоке лежат отроги Сарыарка. Абсолютные высотные отметки поверхности равнин 150-200 м. и 200-320 м. для поверхностей плато.

Абсолютные высоты поверхности Костанайской области колеблются от 360 до 140 м. Наиболее высокими являются Зауральское и Торгайское плато. Северная и восточная части области (Предторгайская равнина и Западно-Сибирская низменность) относительно понижены и поверхность здесь имеет уклон к северу (от 240 до 140 м).

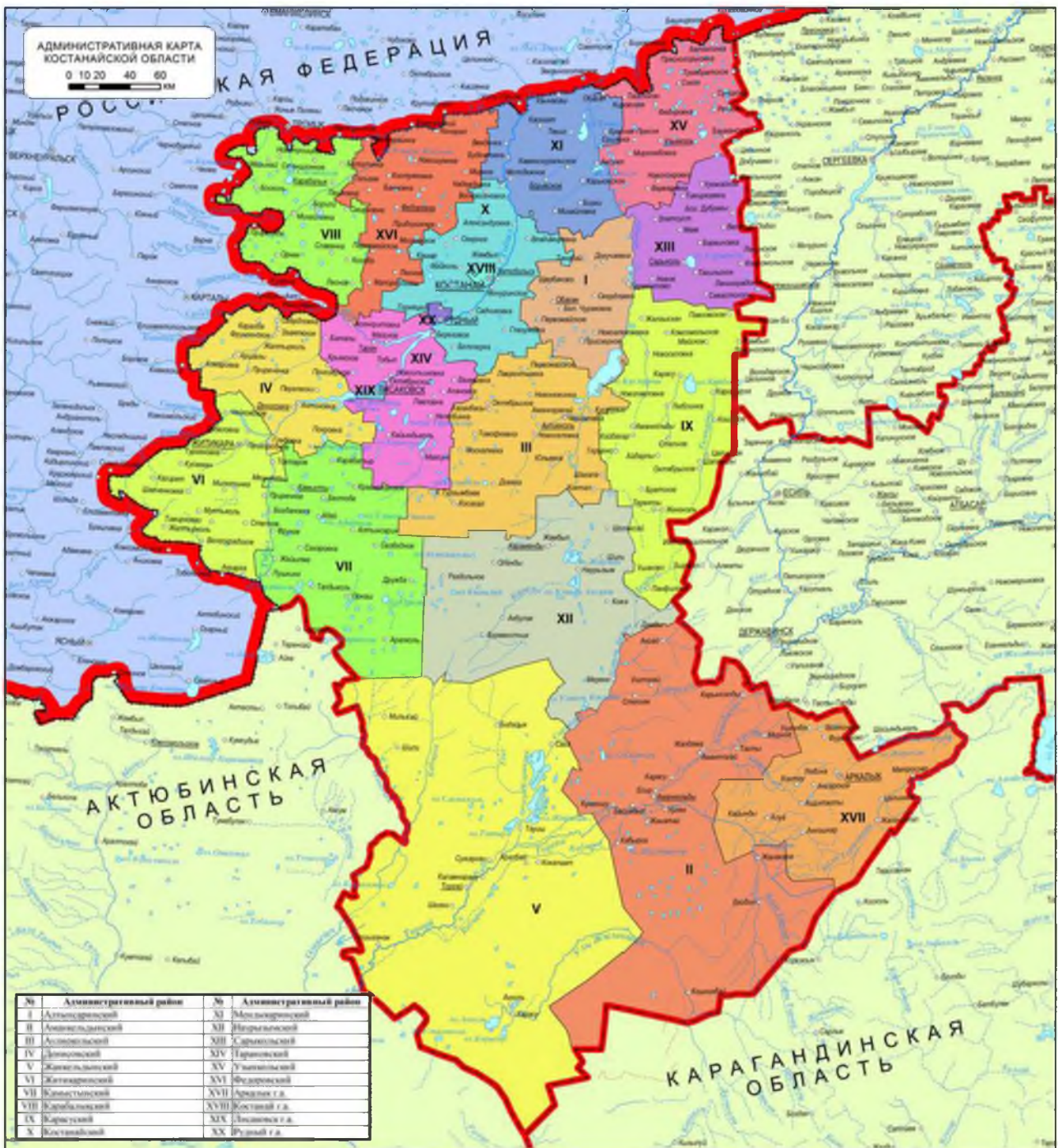


Рисунок 2.1 – Административно-территориальное деление Костанайской области

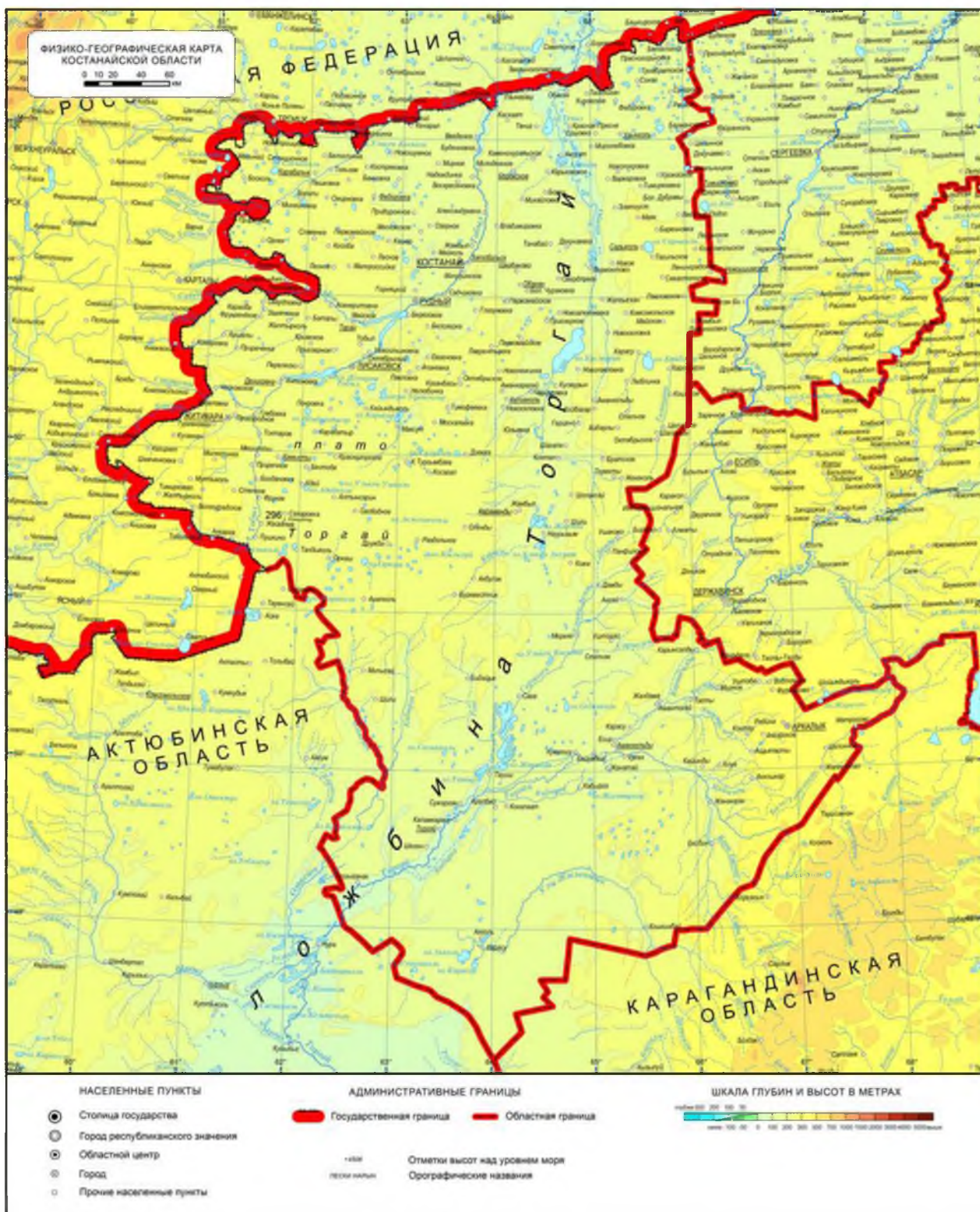


Рисунок 2.2 – Физико-географическая карта Костанайской области

В направлении с северо-востока на юго-запад территория Костанайской области пересечена р. Тобол. Слева р. Тобол принимает ряд притоков, стекающих с Зауральского плато и с предгорий Урала. Справа в реку Тобол впадает только один приток - соленая река Обеган, вытекающая из соленого озера Кушмурун в Торгайской ложбине.

Торгайская ложбина пересекает Костанайскую область от севера до южной границы. В южной части ложбины протекает река Торгай, которая берет начало на Торгайском плато и несет свои воды на юг, в Шалкар-Тенизскую впадину.

Западная часть представляет собой увалисто-равнинную область Восточного Зауралья, полого понижающаяся на восток и постепенно переходящая в слабо всхолмленную песчаную степь. Обширная территория области не отличаются большим разнообразием рельефа.

Морфологический облик современного рельефа исследуемого региона сформировался в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, влияния антропогенных факторов в неоген-четвертичное время.

Территория Костанайской области имеет тенденцию поднятия на 2 мм/год, по данным ученых геологов для территории области характерно распространение солонцовых пятен. Неправильная деятельность человека явилась причиной ветровой эрозии [53].

Рассматриваемый регион по геоморфологическому районированию относится к аккумулятивной, денудационной равнине и мелкосопочнику. В геоморфологическом отношении на территории Костанайской области обособляются: Торгайское плато, Костанайская равнина, Южно-Торгайская равнина, Торгайская ложбина, Зауральское плато.

В геоморфологическом отношении, обширное пространство центральной части Костанайской области занимает Торгайское плато, или Торгайская столовая страна, которая на востоке граничит с Казахским мелкосопочником, на западе с Зауральским плато. Торгайское плато представляет собой обширную приподнятую равнину, отделенную с севера пологим уступом. Наибольшие вершины плато наблюдаются в его северной части до 320-360 м, южным направлением прослеживается ступенчатое падение высот, достигающих на самом юге 150-160 м [54].

Торгайское плато отличается своеобразием рельефа, обширные ровные пониженные участки чередуются с крутосклонными невысокими (до 300 м) столообразными возвышенностями. Вдоль по центру, с севера на юг, плато разделена Торгайской ложбиной, которая представляет собой понижение глубиной до 200 м и шириной 15-50 км. Территория области характеризуется относительно равнинным рельефом со средней высотой над уровнем моря около 200 м.

Современные процессы природной и ускоренной (антропогенной) овражной эрозии и дефляции усложняют морфологию поверхности Костанайской равнины.

Фундамент молодой платформы покрыт отложениями более поздних геологических эпох. Спокойное залегание толщи осадочного чехла определяет равнинность поверхности северо-востока области. В геологическом строении региона принимают участие два контрастных комплекса пород, сложно дислоцированных докембрийских и палеозойских пород, слагающих складчатый фундамент, и горизонтально залегающих мезозойско-кайнозойских отложений, образующих платформенный чехол.

В северной части области, в пределах Западно-Сибирской низменности, имеются супеси и пески. Все четвертичные отложения обладают небольшой мощностью. Они подстилаются в Западно-Сибирской низменности соленосными третичными глинами, по Торгайскому и Зауральскому плато - отложениями мелового периода, представленными известняками, кварцево-глауконитовыми песками и белым пишущим мелом. Породы складчатого фундамента обнажаются лишь в западной и юго-восточной части области.

Таким образом, территория области характеризуется относительно равнинным рельефом. Северную часть занимают юго-восточная окраина Западно-Сибирской низменности, к югу от нее располагается Торгайское плато, на западе области - волнистая равнина Зауральского плато, на юго-востоке - отроги Сарыарка. Территорию области с

севера на юг пересекает Торгайская ложбина. В центральной части Торгайского плато с запада на восток проходит Сыпсынагашская ложбина.

Гидрография

На территории рассматриваемой области гидрографическая сеть развита слабо, что обусловлено засушливостью климата и равнинностью территории. Всего насчитывается около 310 водотоков длиной более 10 км, причем более половины из них представляют временные водотоки [55].

Особенностью рек области является их неравномерное распределение по территории области. Густота и сток рек уменьшается с севера на юг. Для области характерна крайне низкая обеспеченность пресными речными водами. Несмотря на значительное количество рек и водотоков, их общий сток незначителен. Средний годовой расход воды наиболее значимых рек составляет: Тобол - 13,5 куб.м/сек, Торгай - 9,7, Убаган - 1,4 куб.м/сек. Расход воды за год называется годовым стоком. Годовой сток рек области зависит в основном от характера снежного покрова и запасов воды перед таянием снега. Дождевая вода почти полностью уходит на увлажнение почвы и испарение и в питании рек роли не играет.

По мнению В.В. Веселова, питание рек области относится к следующим типам [55]:

1) снегово-дождевого питания - река Тобол и его притоки. Половодье начинается в начале апреля и заканчивается к концу мая (в некоторые годы раньше). На этот период года приходится почти 90% стока реки;

2) преимущественно снегового питания - река Торгай и его притоков, сток которых формируется в сухостепной и полупустынных зонах.

Основным источником питания рек является снеговая вода, поэтому подъем воды в этих реках наблюдается в апреле месяце. Самый низкий уровень воды приходится на вторую половину лета, а минимальный расход - на февраль месяц. Некоторые мелкие водотоки юга области летом пересыхают либо образуют отдельные плесы.

Весеннее половодье характеризуется резким подъемом уровня воды - на 4-6 м. Ширина разлива Тобола в период половодья составляет 2-10 км, у притоков 1,5-2 км, глубина затопления поймы реки местами достигает 3 м [56].

Территория Костанайской области богата озерами, их насчитывается около 9 тысяч. По озерности Костанайская область уступает только Акмолинской области республики. Однако около 80% озер имеет площадь зеркала менее 1 км². Почти все озера непроточные и отличаются резким колебанием уровня воды. Озера, как и реки области, основное питание получают весной за счет таяния снега. Поэтому в период таяния снега уровень воды сильно повышается, зеркало озер увеличивается [55].

Многие озера постепенно летом мелеют и зарастают. Встречаются так называемые травяные озера, которые только весной наполняются водой, а летом густо зарастают травой. Они используются как сенокосные угодья. Степень минерализации озерных вод очень различная, меняется по сезонам года, достигая максимума летом.

Пресные озера приурочены в основном к лесостепной зоне (Федоровский, Узынкольский, Костанайский районы), а также к низовьям крупных рек - Торгая, Сарыозеня, Жыланшика и других. В центральной части области, в пределах Наурызымского, Камыстынского, Аулиекольского и Алтынсаринского районов, преобладают соленые озера и соры. Самое крупное озеро области - Кушмурун - соленое. В летний период все пресные озера частично или полностью зарастают полупогруженными растениями - тростником, рогозой и др. Соленые озера растительности не имеют.

Наибольшее количество озер находится в пределах Западно-Сибирской низменности и на Предторгайской равнине. В Торгайской ложбине сосредоточено много озер, преимущественно соленых. Здесь находится огромное озеро Кушмурун и менее значительные по размерам озера Северный Тениз, Сарымоин, Аксуат, Сарыкопа и другие. Помимо Торгайской ложбины, линия больших озер (маловодных и часто полупересохших) протягивается на юге Предторгайской равнины. В западной группе нужно отметить озера

Тентыксоры 1-й и 2-й, Карасор, Аласор и другие; в восточной - озера Кайбагор, Тюнтюгур и Алпаш.

В рассматриваемом регионе, где поверхностные воды недостаточны для развития хозяйства, велико значение подземных вод, как фунтовых, так и глубинных - артезианских. Грунтовые воды используются населением давно. Во многих дворах жителей сел и городов до сих пор сохранились колодцы, вода из которых используется не только для питья, но и для - хозяйственных нужд. Однако для массового водоснабжения населения, промышленности, сельского хозяйства в настоящее время используются наряду с реками месторождения глубинных вод.

Растительный покров и животный мир

Распределение растительного покрова по территории Костанайской области во многом соответствует распределению почв, тепла и влаги, отражая закономерности широтной и высотной зональности и увеличение континентальности климата.

В северной части области распространены березово-осиновые колки, разнотравно-ковыльная растительность на черноземах. Южнее развиты разнотравно-типчачово-ковыльные степи на каштановых почвах. Еще южнее переходят в полынно-типчачово-ковыльные на светло-каштановых почвах. Крайний юг области представляет полупустыню с изреженным покровом из злаков, многих видов полыни и солянок, весной оживляется эфемерами [4].

В области 354,4 тыс. га площади особо охраняемых природных территорий, куда относятся Наурызымский государственный природный заповедник, 3 государственных природных (зоологических) заказника и 9 государственных памятников природы.

Площадь лесных угодий по области составляет 274,1 тыс. га, площадь, покрытая лесом - 215,1 тыс. га. Березовые и сосновые леса приурочены к наиболее увлажняемым или специфическим местообитаниям северных окраин региона. Продвижение лесных сообществ на юг связано с легкими почвами и особыми условиями увлажнения (близкое залегание грунтовых вод). Березовые леса и березово-осиновые колки обычны в зоне лесостепи и, частично, в северных степях на черноземах. По мнению Л.Н. Грибанова, к лесостепи отнесены территории, где представлено чередование березовых лесов и колков с луговыми и богаторазнотравно-ковыльными степями [57].

В настоящее время богаторазнотравно-ковыльные степи преимущественно распаханы. Особый тип растительного покрова «колочная» степь, где среди обширных степных пространств, а в настоящее время сельскохозяйственных земель, разбросаны редкие низкорослые лесочки, приуроченные к западинам. Центральная часть таких западин занята ивовыми зарослями или осоковыми болотами. Сосновые леса в своем распространении приурочены к легким разностям почв (урочища Ара-Карагай, Казанбасы, Наурызым-Карагай). На юге, в Наурызым-Карагае, прослеживается близкое подстилание грунтовых вод. Помимо лесохозяйственного и рекреационного значения, леса региона играют огромную водоохранную и противоэрозионную роль.

Фауна исследуемой области очень разнообразна. Животный мир представлен 334 видами, в том числе 44 видами млекопитающих, 261 - птиц, в водоемах обитает 23 вида рыб. Наиболее богата орнитофауна. В составе орнитофауны 282 вида, в том числе 158 гнездящиеся.

В зональных степях наиболее типичны полевой и белокрылый жаворонки, черный жаворонок, полевой конёк, обыкновенная каменка, стрепет, степной лунь, кречётка, журавль-красавка, степной орёл. Из 44 видов млекопитающих, зарегистрированных в заповеднике, постоянно обитают 42 вида. Из ценных охотничье-промысловых можно отметить лось, косуля, кабан и сурок. Группа хищников включает волка, лисицу, корсака, рысь, степного хоря, горноста, ласку, в лесах и близ озёр многочисленны барсуки [56].

В степях доминируют грызуны: степной сурок-байбак, суслик песчаник, хомяк, степная мышовка, полевки, хомячки, ушастый ёж, тушканчики.

3 АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

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].

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 Костанайской области сегодня действуют 19 метеорологических станций (МС) и 15 агрометеорологических постов (АМП) РГП «Казгидромет» МЭ РК (рисунок 3.1). Для характеристики климатических условий области были использованы данные 17 метеорологических станций, имеющих непрерывный многолетний ряд наблюдений: Пресногорьковка, Карабалык, Михайловка, Сарыколь, Костанай, Рудный, Аршалы, Тобол, Карасу, Кусмурын, Житикара, Железнодорожное, Мырзаколь, Аралколь, Аркалык, Аманкельды, Екидын.

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 Костанайской области значений К и сумм активных температур воздуха выше 10°C позволил выделить на территории области 4 агроклиматических зон. Названия зон и предельные значения К и сумм температур приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1–Агроклиматические зоны на территории Костанайской области

№ зоны	Название зоны	К	$\Sigma T_{10}, ^\circ\text{C}$
II	Слабовлажная умеренно теплая	0,8-1,0	2200-2500
III-б	Слабо засушливая теплая	0,6-0,8	2450-2750
IV-а	Умеренно засушливая теплая	0,4-0,6	2700-3200
V-а	Очень засушливая умеренно жаркая	0,3-0,4	3100-3500

На рисунке 3.2 представлена карта агроклиматического зонирования Костанайской области.



Рисунок 3.1 – Метеорологические станции Костанайской области

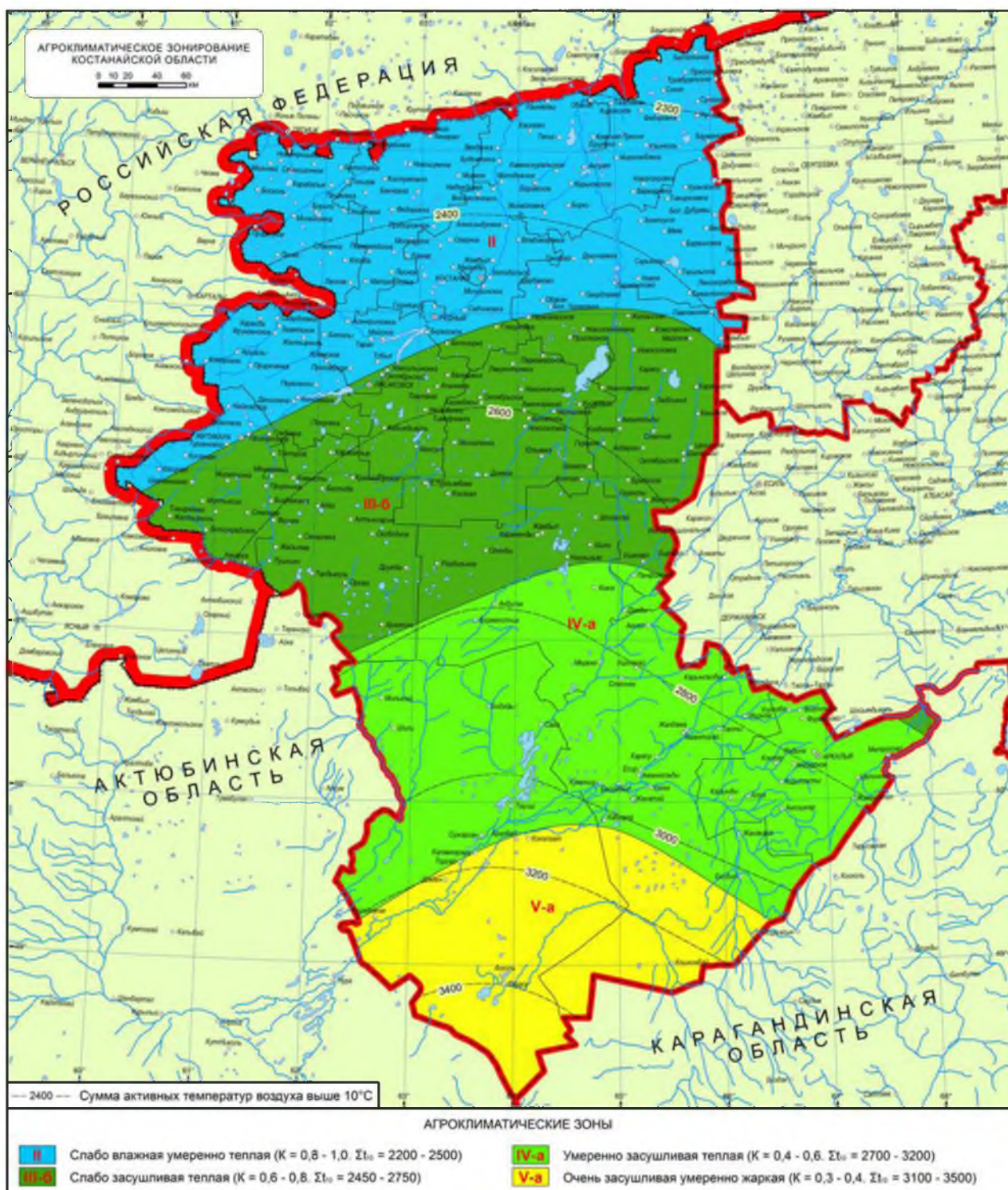


Рисунок 3.2 – Агроклиматическое зонирование территории Костанайской области

В области отсутствует зона I – «Умеренно влажная умеренно теплая». По площади половину территории области занимают зоны II и III-б, остальную половину – IV-a и V-a.

Зона II – «Слабовлажная умеренно теплая» занимает северную часть области, севернее Житикара - Рудный - Майское, характеризуется K = 0,8-1,0 и суммой температур выше 10°C в пределах 2200-2500°C.

Зона III-б – «Слабо засушливая теплая» расположена южнее II-зоны и распространяется до срединной линии области. Зона характеризуется значением $K = 0,6-0,8$ и суммой температур выше 10°C в пределах $2450-2750^{\circ}\text{C}$.

Зона IV-а – «Умеренно засушливая теплая» занимает преобладающую часть южной половины области, характеризуется значением $K = 0,4-0,6$ и суммой температур выше 10°C в пределах $2700-3200^{\circ}\text{C}$.

Зона V-а – «Очень засушливая умеренно жаркая» занимает южную окраину области, характеризуется значением $K = 0,3-0,4$ и суммой температур выше 10°C в пределах $3100-3500^{\circ}\text{C}$.

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

Таблица 3.2– Принадлежность административных районов к агроклиматическим зонам

Агроклиматические зоны	Административный район (районный центр)
II. Слабовлажная умеренно теплая	Северная часть области: – Карабалыкский район (п. Карабалык); – Фёдоровский район (п. Фёдоровка); – Мендыкаринский район (п. Боровское); – Узыньковский район (п. Узыньколь); – Сарыкольский район (п. Сарыколь); – северная половина Алтынсаринского района (п. Обаган); – северная и центральная часть Костанайского района и территория г. а. Костанай; – территория г. а. Рудный; – северная часть Тарановского района (п. Таран); – северная и центральная части Денисовского района (с. Денисовка); – северо-западная часть Житикаринского района (п. Житикара).
III-б. Слабо засушливая теплая	Центральная часть области: – Карасуский район (п. Карасу); – южная половина Алтынсаринского района (п. Обаган); – южная окраина Костанайского района; – центральная и южная части Тарановского района (п. Таран), территория г. а. Лисаковск; – южная часть Денисовского района (с. Денисовка); – юго-восточная часть Житикаринского района (п. Житикара); – Камыстынский район (п. Камысты); – Аулиекольский район (п. Ауликоль); – северная часть Наурызымского района (п. Караменды).
IV-а. Умеренно засушливая теплая	Южная часть области: – южная часть Наурызымского района (п. Караменды); – северная часть Жанкельдинского района (п. Торгай); – северная и центральная части Аманкельдинского района (п. Аманкельды); – территория г. а. Аркалык.
V-а. Очень засушливая умеренно жаркая	Южная окраина области: – южная часть Жанкельдинского района (п. Торгай); – юго-западная окраина Аманкельдинского района (п. Аманкельды)

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/м² (или кДж/м²). 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 (So). 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/м².

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 $S_{\text{ум}} \approx 1,02 \text{ кВт/м}^2$. 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 – $1,367 \text{ кВт/м}^2$.

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 Костанайской области измерение интенсивности солнечной радиации проводится только на МС Рудный, расположенной в северной части области. Для характеристики солнечного излучения на юге области были использованы данные МС Темир (Теректы) Актюбинской области, расположенной на широте МС Екидын (юг Костанайской области) [59].

Годовая сумма суммарной солнечной радиации ($\sum Q$) по территории Костанайской области колеблется в пределах 6100-6900 МДж/м² при ясном небе и в пределах 4600-5200 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 121-184 МДж/м² в декабре до 913-945 МДж/м² в июне.

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

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
север области (МС Рудный)													
$\sum Q_{\text{я}}$	150	256	476	663	852	913	884	734	532	357	185	121	6123
$\sum Q_{\text{со}}$	118	214	396	513	663	675	666	563	385	222	120	88	4623
юг области (МС Темир)													
$\sum Q_{\text{я}}$	228	332	596	730	901	945	926	781	592	433	252	184	6900
$\sum Q_{\text{со}}$	169	264	431	557	715	743	746	653	472	280	138	114	5282

В области продолжительность солнечного сияния измеряется на МС Рудный и МС Костанай, расположенных в северной половине области. Так как продолжительность солнечного сияния зависит от режима облачности, нельзя использовать данные МС Темир.

В среднемноголетнем в северной половине Костанайской области годовое количество часов с солнечным сиянием (SS) составляет 2419-2562 часов, т.е. в среднем за год солнце сияет в течение 7,4-7,7 часов в сутки (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Продолжительность солнечного освещения

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
МС Костанай													
Суммарное солнечное сияние (SS), час	95	135	197	240	301	332	325	281	208	134	92	78	2419
Солнечное сияние за день, час	4,3	5,8	7,3	8,8	10,2	11,3	10,7	9,2	7,4	5,3	4,5	4,1	7,4
Число дней без солнца, дни	9	5	4	3	2	0	1	1	2	6	10	12	54
МС Рудный													
Суммарное солнечное сияние (SS), час	105	144	209	254	313	342	334	294	220	150	106	92	2562
Солнечное сияние за день, час	4,6	6,2	7,6	9,0	10,5	11,6	11,0	9,6	7,7	5,8	5,0	4,4	7,7
Число дней без солнца	9	5	4	2	1	1	1	1	2	5	9	10	48

Самыми солнечными месяцами являются май, июнь и июль, когда в среднем солнце сияет в течение дня на МС Костанай 10,2-11,3 часов, а на МС Рудный 10,5-11,6 часов. К зиме продолжительность солнечного сияния сокращается, достигая минимума 4,1-4,4 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 48-54 часа. 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 на юге области - с середины апреля до конца августа, на севере – с начала мая 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]

Показатель	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
север области (МС Рудный)												
Q _я	0,27	0,43	0,60	0,74	0,84	0,88	0,85	0,78	0,64	0,49	0,31	0,23
Q _{со}	0,21	0,36	0,51	0,58	0,66	0,66	0,65	0,59	0,47	0,29	0,20	0,17
юг области (МС Темир)												
Q _я	0,37	0,53	0,73	0,83	0,90	0,94	0,91	0,82	0,71	0,55	0,41	0,32
Q _{со}	0,29	0,44	0,55	0,64	0,73	0,73	0,73	0,70	0,57	0,38	0,23	0,21

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 использовался 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 ($\sum Q_{\Phi(я)}$) и при средних условиях облачности ($\sum Q_{\Phi(со)}$).

Как видно из таблицы 3.6 месячные суммы ФАР при средней облачности в вегетативно активный период (май - август) составляет 274-329 МДж/(м²·мес) на севере области, 314-358 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 189 МДж/(м²·мес), на юге - 227 МДж/(м²·мес).

ФАР при ясном небе характеризует ее максимально возможное значение. ФАР при ясном небе в июне достигает на севере области 418 МДж/(м²·мес), на юге - 431 МДж/(м²·мес). Указанные значения ФАР являются достаточными для роста и развития сельскохозяйственных культур.

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

Показатель	V	VI	VII	VIII	IX
север области (МС Рудный)					
$\sum Q_{\Phi(я)}$	392	418	407	338	245
$\sum Q_{\Phi(со)}$	322	329	325	274	189
юг области (МС Темир)					
$\sum Q_{\Phi(я)}$	413	431	421	355	269
$\sum Q_{\Phi(со)}$	343	357	358	314	227

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

Костанайская область находится в пределах 48,2-54,6° северной широты. В период активной вегетации растений (май-август) длина светового дня на севере Костанайской области составляет 15-17 часов, а на юге – 14-16 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°	15:07	15:58	16:46	17:06	17:03	16:38	15:47	14:54
49°	14:35	15:16	15:55	16:10	16:08	15:49	15:08	14:26

Ист.: <http://planetcalc.com/300/>

Для характеристики продолжительности солнечного сияния в вегетационный период были использованы данные МС Костанай и Рудный. С мая по август месяцы в среднем за месяц солнце сияет в течение 9,2 – 11,6 часов в сутки. При этом в среднем за месяц 1 день бывает без солнца. Только в мае на МС Костанай погода без Солнца наблюдается в 2 днях (таблица 3.8).

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

Показатель	V	VI	VII	VIII
МС Костанай				
Солнечное сияние за день, час	10,2	11,3	10,7	9,2
Число дней без солнца, сутки	2	0	1	1
МС Рудный				
Солнечное сияние за день, час	10,5	11,6	11,0	9,6
Число дней без солнца, сутки	1	1	1	1

Таким образом, в Костанайской 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 Костанайской области в целом свойственно широтное распределение температуры воздуха. Средняя годовая температура воздуха по территории области меняется от 2,3°C на МС Пресногорьковка до 5,3°C на МС Екидын. 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 20,0 до 23,6°C, а средняя за январь – уменьшается с севера на юг от минус 16,1 до минус 13,8°C (таблица 3.9).

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

МП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Пресногорьковка	-16,1	-15,4	-8,2	3,9	12,7	18,7	20,0	17,6	11,2	3,8	-6,5	-13,6	2,3
Карабалык	-15,1	-14,6	-7,3	5,2	13,5	19,3	20,2	18,1	11,9	4,3	-5,7	-12,6	3,1
Михайловка	-15,3	-14,8	-7,7	4,8	13,2	19,1	20,1	18,0	11,7	4,2	-6,0	-12,8	2,9
Сарыколь	-15,5	-14,9	-7,6	4,6	13,3	19,3	20,2	18,3	11,8	4,2	-6,3	-13,3	2,8
Костанай	-14,8	-14,4	-7,1	5,6	13,9	20,0	20,9	18,9	12,6	4,9	-5,3	-12,4	3,6
Рудный	-15,4	-15,1	-7,9	5,2	13,7	19,9	21,1	19,0	12,5	4,6	-5,6	-12,9	3,3
Аршалы	-15,1	-14,9	-8,1	4,8	13,2	19,1	20,2	18,3	11,9	4,2	-5,8	-12,6	2,9
Тобол	-15,1	-14,7	-7,6	5,4	13,8	19,7	20,7	18,8	12,4	4,6	-5,6	-12,6	3,3
Карасу	-15,8	-15,4	-8,4	4,5	13,4	19,5	20,5	18,6	12,0	4,1	-6,3	-13,4	2,8
Кусмурын	-16,1	-15,5	-8,3	5,4	14,2	20,4	21,5	19,5	12,8	4,8	-5,6	-13,4	3,3
Житикара	-14,7	-14,5	-7,7	5,2	13,8	19,7	20,8	19,0	12,5	4,6	-5,4	-12,2	3,4
Железнодорожное	-15,9	-15,6	-8,6	4,5	13,5	19,6	20,7	18,8	12,1	4,1	-6,4	-13,6	2,8
Мырзаколь	-15,3	-15,1	-8,0	5,3	14,1	20,3	21,4	19,6	13,0	4,9	-5,5	-12,7	3,5
Аралколь	-15,3	-15,0	-7,9	5,7	14,4	20,6	21,9	20,1	13,3	5,1	-5,0	-12,5	3,8
Аркалык	-14,7	-14,6	-7,7	5,6	13,9	19,8	21,1	19,6	12,8	4,6	-5,2	-12,0	3,6
Аманкельды	-15,3	-15,2	-7,1	7,2	15,5	21,6	23,1	21,1	14,1	5,6	-4,3	-12,3	4,5
Екидын	-13,8	-13,6	-5,8	7,9	15,7	22,2	23,6	21,8	14,7	6,1	-3,5	-11,2	5,3

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 16°C до 24°C. Значительная разница температуры воздуха между регионами области сохраняется в течение всего года (рисунок 3.3).

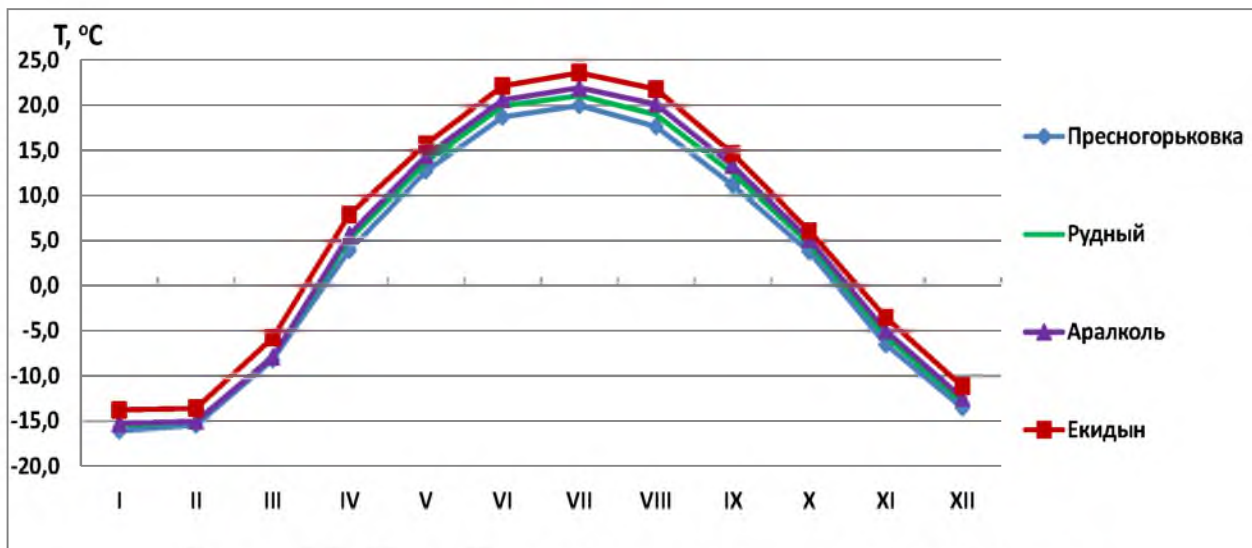


Рисунок 3.3 – Годовой ход средних месячных температур воздуха

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. *Среднее квадратическое 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 Костанайской области являются абсолютно однородными (7%), т.е. мало изменчивым, а ряд средней за зиму температуры воздуха – достаточно однородным (16%), 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 по Костанайской области

Характеристика	Лето	Зима
Средняя, °С	20,0	-14,3
Медиана, °С	19,9	-14,1
Мода, °С	20,2	-13,5
Ср. кв. отклонение, °С	1,3	2,3
Коеф. вариации, %	7	16

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 1998, 2010, 2012 годов.

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

Характеристика лета	P, %	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 17%, относительно холодной зимы - 18%, а нормальной для данной местности зимы - 65% (таблица 3.12).

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

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

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

Таким образом, в Костанайской области относительно жаркое лето наблюдается в 2 годах из 10 лет, прохладное лето - также 2 раза в 10 лет. Относительно теплая зима наблюдается 2 раза в 10 лет, холодная зима – 2 раза в 10 лет. Нормальное, т.е. свойственное для данной области лето устанавливается в 6 годах из 10 лет, 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 Пресногорьковке (север области) достигает $25,9^{\circ}\text{C}$, а ночью опускается до $14,1^{\circ}\text{C}$. На МС Екидын, расположенной на юге области в июле месяце днем температура воздуха в среднем достигает $30,7^{\circ}\text{C}$, а ночью опускается до $16,5^{\circ}\text{C}$.

В январе в течение суток температура воздуха в Пресногорьковке в среднем колеблется от минус $12,1^{\circ}\text{C}$ днем до минус $21,6^{\circ}\text{C}$ ночью, а на МС Екидын – от минус $9,8^{\circ}\text{C}$ днем до минус $19,0^{\circ}\text{C}$ ночью. Суточный размах температуры воздуха (Δt_c) уменьшается от лета к зиме. Например, суточный размах температуры в июне составляет $12,9-15,1^{\circ}\text{C}$, а в январе – $9,2-9,5^{\circ}\text{C}$ (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 Пресногорьковка													
t_{\max}	-12,1	-11,0	-3,3	9,7	19,7	25,0	25,9	23,6	17,4	8,3	-2,7	-9,2	7,6
t_{\min}	-21,6	-20,9	-13,6	-1,2	6,3	12,1	14,1	11,7	5,9	-0,9	-10,3	-18,0	-3,0
Δt_c	9,5	9,9	10,2	10,9	13,4	12,9	11,8	11,9	11,6	9,2	7,7	8,8	10,6
МС Екидын													
t_{\max}	-9,8	-8,9	-0,9	14,6	23,0	29,4	30,7	28,9	22,3	12,3	1,2	-6,3	11,4
t_{\min}	-19,0	-19,2	-11,0	2,2	8,5	14,3	16,5	14,2	7,6	0,2	-7,4	-15,2	-0,7
Δt_c	9,2	10,3	10,1	12,4	14,5	15,1	14,2	14,7	14,7	12,0	8,6	9,0	12,1

Абсолютная максимальная по области температура воздуха 45°C была зафиксирована в июле на МС Аманкельды (1984 г.), Торгай (1996 г.) и Екидын (1994 г.). Абсолютная минимальная по области температура воздуха минус 47°C была зафиксирована в январе на МС Кусмурын (1940 г.) и Железнодорожное (1972 г.).

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 происходит в июнь – август месяцы.

В Костанайской области средняя за июнь температура воздуха составляет 18,2–22,2°C. Днем температура воздуха на севере области (МС Пресногорьковка) достигает 25,0°C, а ночью опускается до 12,1°C. На юге области (МС Екидын) днем температура воздуха в среднем достигает 29,4°C, а ночью опускается до 14,3°C. При этом в июне в среднем суточный размах температуры воздуха (Δt_c) по территории области колеблется в пределах 12,9–15,6°C (таблица 3.14).

Таблица 3.14 – Средняя месячная ($t_{\text{ср}}$), средняя из максимальных ($t_{\text{макс}}$) и средняя из минимальных ($t_{\text{мин}}$) температура воздуха, а также ее суточный размах (Δt_c), °C

НП (МС)	Июнь				Июль				Август			
	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$	$t_{\text{мин}}$	Δt_c	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$	$t_{\text{мин}}$	Δt_c	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$	$t_{\text{мин}}$	Δt_c
Пресногорьковка	18,7	25,0	12,1	12,9	20,0	25,9	14,1	11,8	17,6	23,6	11,7	11,9
Карабалык	19,3	25,9	12,4	13,5	20,2	26,4	14,1	12,3	18,1	24,5	11,9	12,5
Михайловка	19,1	25,5	12,3	13,1	20,1	26,1	14,0	12,1	18,0	24,1	11,8	12,3
Сарыколь	19,3	25,8	12,8	13,0	20,2	26,4	14,5	11,9	18,3	24,4	12,3	12,1
Костанай	20,0	26,5	13,2	13,3	20,9	27,1	14,9	12,2	18,9	25,2	12,7	12,5
Рудный	19,9	26,8	12,8	14,0	21,1	27,5	14,8	12,7	19,0	25,6	12,6	13,0
Аршалы	19,1	26,2	11,7	14,5	20,2	26,9	13,6	13,2	18,3	25,2	11,4	13,8
Тобол	19,7	26,5	12,6	13,9	20,7	27,2	14,2	13,0	18,8	25,4	12,1	13,3
Карасу	19,5	26,1	12,3	13,8	20,5	26,7	14,0	12,7	18,6	25,0	11,7	13,3
Кусмурын	20,4	27,2	13,0	14,2	21,5	27,9	15,0	12,9	19,5	26,1	12,5	13,5
Житикара	19,7	26,6	12,4	14,2	20,8	27,4	14,4	13,0	19,0	25,8	12,2	13,6
Железнодорожное	19,6	26,6	11,9	14,6	20,7	27,3	13,9	13,5	18,8	25,6	11,5	14,1
Мырзаколь	20,3	26,8	13,5	13,4	21,4	27,8	15,3	12,5	19,6	25,9	13,1	12,8
Аралколь	20,6	27,4	13,5	13,9	21,9	28,7	15,4	13,3	20,1	26,8	13,3	13,5
Аркалык	19,8	27,0	12,3	14,7	21,1	28,3	14,1	14,2	19,6	26,7	12,1	14,7
Аманкельды	21,6	29,3	13,7	15,6	23,1	30,6	15,8	14,8	21,1	28,9	13,5	15,4
Екидын	22,2	29,4	14,3	15,1	23,6	30,7	16,5	14,2	21,8	28,9	14,2	14,7

В области средняя за июль температура воздуха растет с севера на юг от 20,0 до 23,6°C. Днем температура воздуха на севере области (п. Пресногорьковка) достигает 25,9°C, а ночью опускается до 14,1°C. На юге области (п. Екидын) днем температура воздуха в среднем достигает 30,7°C, а ночью опускается до 16,5°C. При этом суточный размах температуры воздуха (Δt_c) в июле в среднем по территории области колеблется в пределах 11,8-14,8°C.

В августе средняя температура воздуха по территории области составляет 17,6-21,8°C. Днем температура воздуха на севере области (п. Пресногорьковка) достигает 23,6°C, а ночью опускается до 11,7°C. На юге области (п. Екидын) днем температура воздуха в среднем достигает 28,9°C, а ночью опускается до 14,2°C. При этом в августе в среднем суточный размах температуры воздуха (Δt_c) по территории области колеблется в пределах 11,9-15,4°C.

Таким образом, суточный размах температуры воздуха колеблется с севера на юг от 11,8°C до 15,4°C, что предполагает достаточно высокое качество урожая зерновых и бобовых культур. При таких условиях содержание белка в зернах пшеницы бывает от 14 до 20% и более.

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 Костанайской области средняя температура воздуха в январе составляет в пределах минус 13,8 - минус 16,1°C. Средняя месячная ночная минимальная температура воздуха довольно низкая, по территории области составляет минус 19,0 - минус 21,6°C. При таких температурах снежный покров высотой более 20 см могут обеспечить теплоизоляционные условия. Исключение составляет район МС Кусмурын и Екидын, где высота снежного покрова не высокая, менее 15 см. По значениям средних максимальных температур воздуха (минус 9,8 – минус 12,4°C) видно, что тут маловероятны оттепели. Постоянные ветра со средней скоростью 2,8-6,5 м/с в условиях низких температур воздуха и невысокого снежного покрова вызывает определенную угрозу для перезимовки озимых зерновых культур (таблица 3.15).

Примерно такие же условия складываются и в феврале месяце. По области средняя за февраль температура воздуха составляет в пределах минус 13,6 - минус 15,6°C. Ночная минимальная температура воздуха довольно низкая (минус 19,2 - минус 21,0°C). Высота снежного покрова составляет 15-50 см. В феврале при средних максимальных температурах воздуха минус 8,9 – минус 11,4°C также маловероятны оттепели. Угрозу для перезимовки озимых зерновых культур вызывает ветер, дующий со средней скоростью 2,8-6,5 м/с.

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

Таблица 3.15 – Средняя месячная ($t_{\text{ср}}$), средняя из максимальных ($t_{\text{макс}}$) и средняя из минимальных ($t_{\text{мин}}$) температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$), средняя высота снежного покрова ($h_{\text{с}}$, см) и средняя месячная скорость ветра (V , м/с)

НП (МС)	Январь					Февраль				
	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$	$t_{\text{мин}}$	$h_{\text{с}}$	V	$t_{\text{ср}}$	$t_{\text{макс}}$	$t_{\text{мин}}$	$h_{\text{с}}$	V
Пресногорьковка	-16,1	-12,1	-21,6	38	4,2	-15,4	-11,0	-20,9	50	4,3
Карабалык	-15,1	-11,2	-20,5	34	2,8	-14,6	-9,4	-20,0	40	2,8
Михайловка	-15,3	-11,9	-20,3	21	4,3	-14,8	-10,6	-19,8	28	4,3
Сарыколь	-15,5	-11,9	-20,1	32	4,2	-14,9	-11,1	-19,5	35	4,2
Костанай	-14,8	-10,9	-20,2	25	3,3	-14,4	-9,9	-19,7	28	3,4
Рудный	-15,4	-11,4	-21,0	20	4,7	-15,1	-10,1	-20,6	28	4,8
Аршалы	-15,1	-11,2	-20,5	25	3,4	-14,9	-10,0	-20,4	33	3,4
Тобол	-15,1	-11,3	-20,3	28	3,5	-14,7	-10,1	-19,9	34	3,7
Карасу	-15,8	-12,4	-20,8	26	4,9	-15,4	-11,4	-20,4	36	4,9
Кусмурын	-16,1	-11,8	-21,6	15	3,6	-15,5	-11,0	-21,0	17	3,9
Житикара	-14,7	-11,4	-19,6	20	3,8	-14,5	-10,4	-19,5	22	4,0
Железнодорожное	-15,9	-12,2	-21,0	25	5,2	-15,6	-11,2	-20,9	30	5,2
Мырзаколь	-15,3	-11,7	-20,5	20	4,9	-15,1	-10,7	-20,2	25	5,2
Аралколь	-15,3	-11,8	-20,3	28	4,2	-15,0	-10,9	-19,9	36	4,4
Аркалык	-14,7	-11,1	-19,4	24	6,5	-14,6	-10,5	-19,6	34	6,5
Аманкельды	-15,3	-11,4	-20,5	27	5,0	-15,2	-10,3	-20,2	35	5,3
Екидын	-13,8	-9,8	-19,0	14	3,5	-13,6	-8,9	-19,2	15	3,6

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°C считают климатическим наступлением весны, выше 15°C - 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 области.

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
Пресногорьковка	06.04	27.05	28.08	27.10	51	93	60	161
Карабалык	03.04	23.05	01.09	29.10	50	101	58	156
Михайловка	04.04	24.05	30.08	28.10	50	98	59	158
Сарыколь	04.04	24.05	01.09	28.10	50	100	57	158
Костанай	02.04	21.05	04.09	29.10	49	106	55	155
Рудный	03.04	21.05	04.09	29.10	48	106	55	156
Аршалы	04.04	24.05	01.09	28.10	50	100	57	158
Тобол	03.04	21.05	04.09	29.10	48	106	55	156
Карасу	05.04	22.05	03.09	28.10	47	104	55	159
Кусмурын	04.04	19.05	06.09	29.10	45	110	53	157
Житикара	04.04	22.05	04.09	29.10	48	105	55	157
Железнодорожное	05.04	22.05	03.09	28.10	47	104	55	159
Мырзаколь	04.04	19.05	06.09	30.10	45	110	54	156
Аралколь	03.04	18.05	08.09	01.11	45	113	54	153
Аркалык	03.04	19.05	06.09	30.10	46	110	54	155
Аманкельды	01.04	14.05	12.09	02.11	43	121	51	150
Екидын	28.03	13.05	14.09	04.11	46	124	51	144

В области климатическая весна начинается 28 марта - 6 апреля и продолжается в течение 43-51 суток. Лето наступает на юге области в середине мая, а на севере области – в конце мая. Продолжительность лета колеблется от 93 суток на севере, до 124 суток на юге, т.е. разница составляет 1 месяц, что объясняется большой широтной протяженностью территории области. Далее осень начинается на севере области в конце августа, а на юге – в середине сентября. В области зима наступает в конце октября – начале ноября и бывает очень продолжительной, 144-161 суток.

Таким образом, в Костанайской области самым продолжительным сезоном года является зима с продолжительностью более 5 месяцев (ноябрь-март), а лето длится в течение 3-4 месяцев. Продолжительность весны составляет 1,5 месяца, а осени – чуть менее 2 месяцев.

3.3.3 Континентальность климата

Годовой размах температуры воздуха ($A_{t_{год}}$), определяющиеся как разность температур самого теплого и холодного месяцев, имеет довольно большое значение. Годовой размах температуры воздуха по территории Костанайской области колеблется от 35,3 до 38,4°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 растет с севера на юг от 54 до 65, и соответственно климат области является континентальным.

Таблица 3.17 – Характеристики континентальности климата

НП (МС)	$A_{t_{год}}$	k	Оценка
Пресногорьковка	36,1	55	континентальный
Карабалык	35,3	54	континентальный
Михайловка	35,3	54	континентальный
Сарыколь	35,7	55	континентальный
Костанай	35,7	56	континентальный
Рудный	36,5	58	континентальный
Аршалы	35,3	55	континентальный
Тобол	35,8	56	континентальный
Карасу	36,3	57	континентальный
Кусмурын	37,6	61	континентальный
Житикара	35,5	56	континентальный
Железнодорожное	36,5	58	континентальный
Мырзаколь	36,7	59	континентальный
Аралколь	37,2	61	континентальный
Аркалык	35,8	59	континентальный
Аманкельды	38,4	65	континентальный
Екидын	37,4	63	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 переделов. В среднем устойчивый переход температуры воздуха через 5°C весной происходит 9 - 19 апреля, а обратно осенью – 11-19 октября и продолжительность вегетационного периода для ранних яровых культур составляет 175-193 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 переделов (N₅, N₁₀, N₁₅), сутки

НП (МС)	D ₅		N ₅	D ₁₀		N ₁₀	D ₁₅		N ₁₅
	весна	осень		весна	осень		весна	осень	
Пресногорьковка	19.04	11.10	175	06.05	20.09	137	27.05	28.08	93
Карабалык	15.04	13.10	181	03.05	23.09	143	23.05	01.09	101
Михайловка	16.04	13.10	180	04.05	23.09	142	24.05	30.08	98
Сарыколь	17.04	13.10	179	04.05	23.09	142	24.05	01.09	100
Костанай	14.04	14.10	183	02.05	25.09	146	21.05	04.09	106
Рудный	15.04	14.10	182	02.05	25.09	146	21.05	04.09	106
Аршалы	16.04	14.10	181	04.05	23.09	142	24.05	01.09	100
Тобол	15.04	13.10	181	02.05	25.09	146	21.05	04.09	106
Карасу	16.04	12.10	179	03.05	24.09	144	22.05	03.09	104
Кусмурын	15.04	15.10	182	01.05	26.09	146	19.05	06.09	110
Житикара	15.04	14.10	182	02.05	25.09	146	22.05	04.09	105
Железнодорожное	16.04	12.10	179	03.05	24.09	144	22.05	03.09	104
Мырзаколь	15.04	15.10	183	01.05	27.09	149	19.05	06.09	110
Аралколь	14.04	16.10	185	30.04	28.09	151	18.05	08.09	113
Аркалык	14.04	14.10	183	30.04	26.09	149	19.05	06.09	110
Аманкельды	11.04	18.10	190	25.04	30.09	158	14.05	12.09	121
Екидын	09.04	19.10	193	23.04	02.10	162	13.05	14.09	124

На территории области устойчивый переход температуры воздуха через 10°C весной наблюдается на период 23 апреля - 6 мая, а обратно осенью – 20 сентября – 2 октября.

Пространственное распределение даты устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C весной представлено на рисунке 3.4. Дата перехода в среднем наблюдается на юге области 20 апреля, на севере – 5 мая.

Продолжительность вегетационного периода для поздних яровых культур увеличивается с севера на юг области от 137 до 162 суток (таблица 3.18, рисунок 3.5).

Средняя суточная температура воздуха переходит через 15°C весной 13–27 мая, а обратно осенью – 28 августа – 14 сентября, и соответственно продолжительность вегетационного периода для теплолюбивых культур составляет на севере области 93 суток, а на юге – 124 сутки.

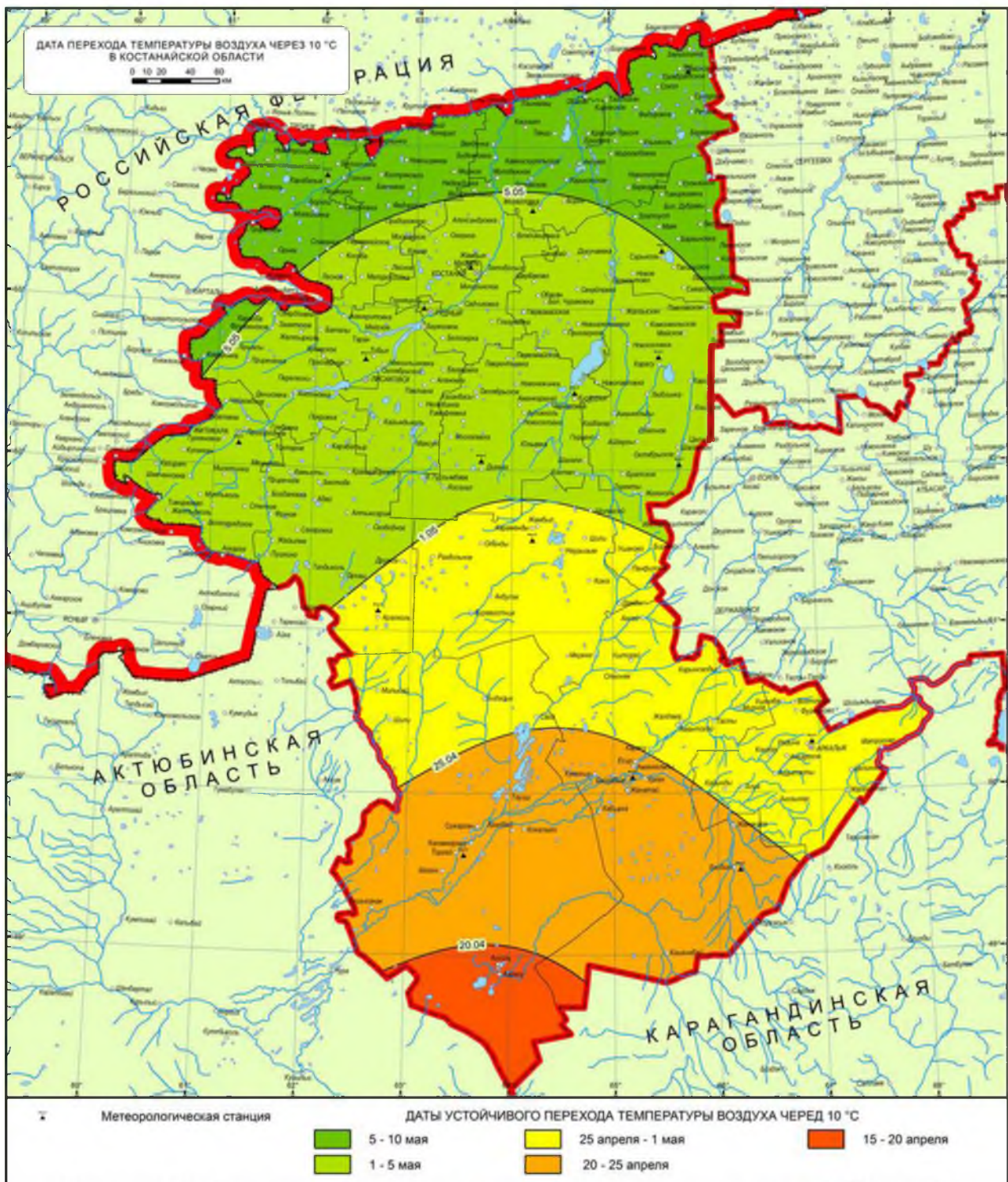


Рисунок 3.4 – Дата устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C весной

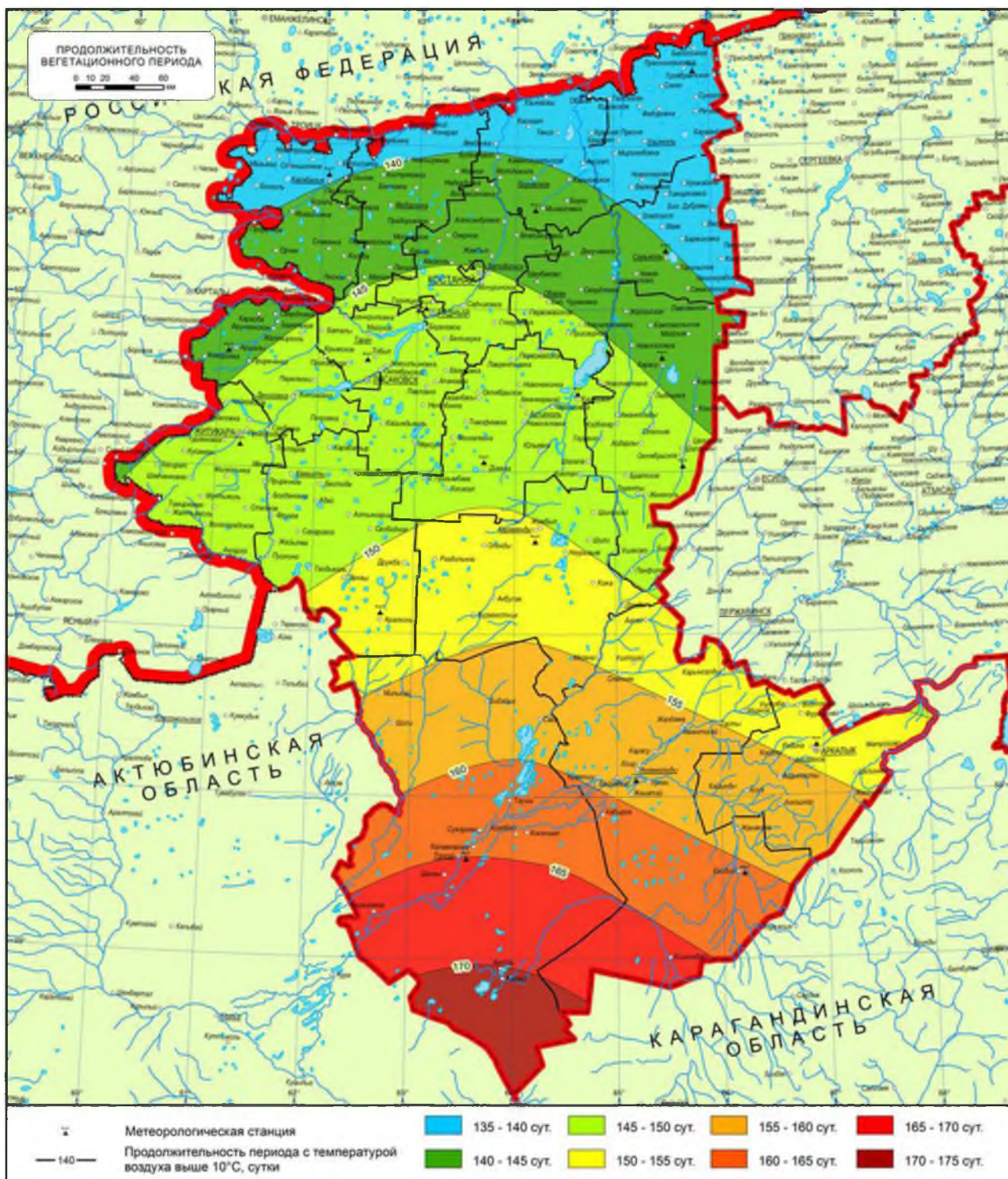


Рисунок 3.5 - Продолжительность вегетационного периода

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 Костанайской области. За период с температурой воздуха выше 5°C (весь вегетационный период) на территории Костанайской области накапливается от 2597°C до 3332°C тепла. За период с температурой воздуха выше 10°C накапливается тепло на 2303–3088°C. Применительно к теплолюбивым культурам (температуре выше 15°C) ресурсы тепла составляют 1702–2563°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

МП (МС)	$\sum T_{>5}$	$\sum T_{>10}$	$\sum T_{>15}$
Пресногорьковка	2597	2303	1702
Карабалык	2732	2436	1850
Михайловка	2698	2406	1806
Сарыколь	2716	2429	1839
Костанай	2865	2565	2013
Рудный	2844	2564	2017
Аршалы	2720	2426	1850
Тобол	2825	2541	1994
Карасу	2741	2459	1922
Кусмурын	2929	2654	2129
Житикара	2832	2550	1986
Железнодорожное	2761	2478	1937
Мырзаколь	2924	2657	2121
Аралколь	3005	2739	2214
Аркалык	2887	2614	2077
Аманкельды	3218	2965	2453
Екидын	3332	3088	2563

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 2200°C до 3400°C.

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

В Костанайской области за май месяц накапливается 344–576°C тепла, а за вегетативно активный период, т.е. с мая до конца августа накапливается от 2071°C на МС Пресногорьковка до 2648°C на МС Екидын.

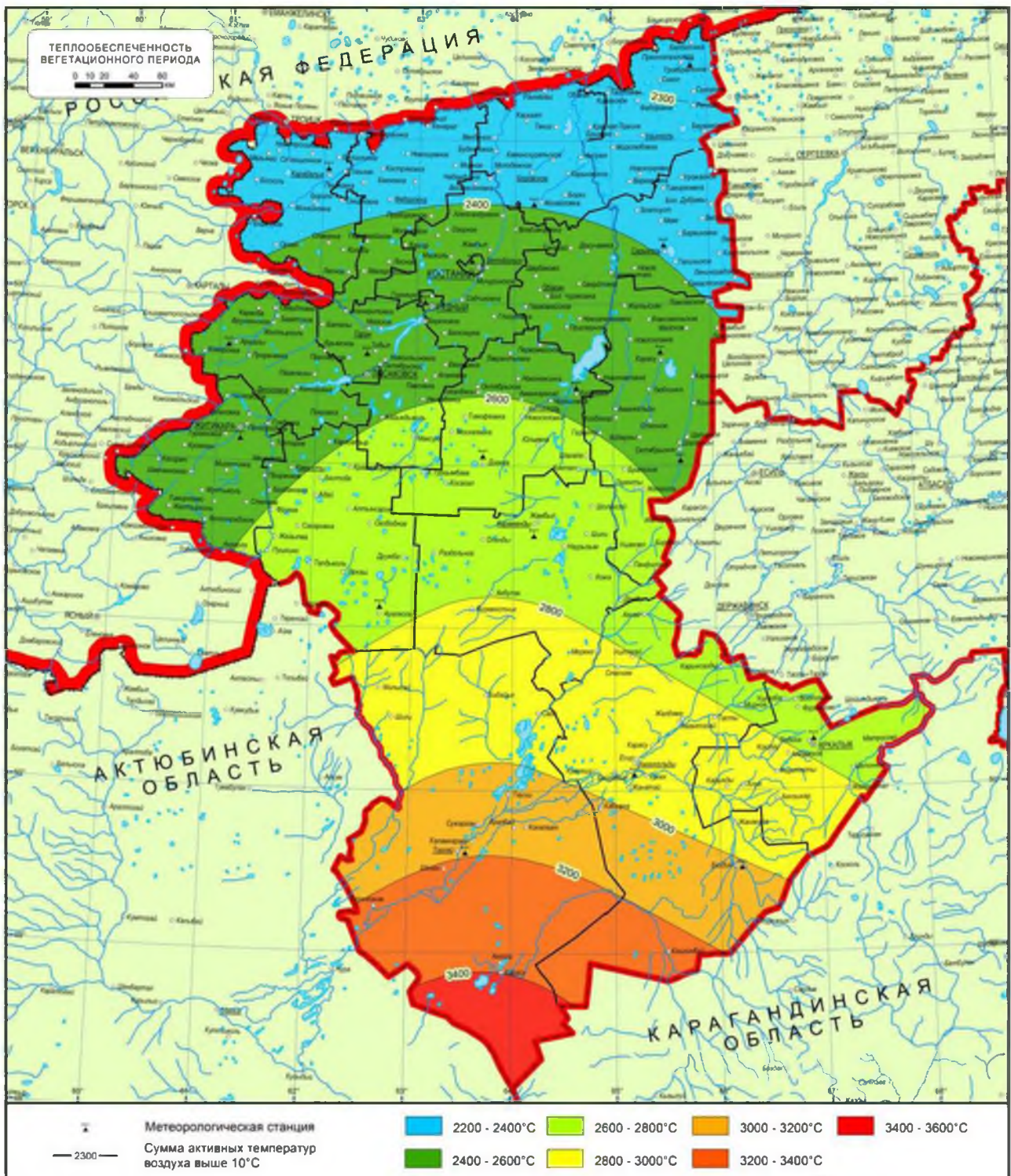


Рисунок 3.6 – Сумма активных температур воздуха выше 10°C

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
Пресногорьковка	344	905	1524	2071	2303
Карабалык	395	973	1599	2161	2436
Михайловка	379	953	1575	2133	2406
Сарыколь	381	960	1587	2154	2429
Костанай	420	1020	1668	2253	2565
Рудный	413	1012	1665	2254	2564
Аршалы	379	953	1581	2148	2426
Тобол	416	1008	1650	2232	2541
Карасу	384	968	1603	2179	2459
Кусмурын	428	1042	1709	2315	2644
Житикара	413	1004	1650	2238	2550
Железнодорожное	385	973	1613	2196	2478
Мырзаколь	435	1043	1708	2314	2657
Аралколь	454	1072	1752	2376	2739
Аркалык	438	1033	1688	2295	2624
Аманкельды	543	1192	1906	2561	2965
Екидын	576	1241	1972	2648	3088

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 (P, %) сумм активных температур воздуха выше 10°C (таблица 3.21).

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

НП (МС)	P, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Пресногорьковка	2510	2446	2375	2343	2277	2268	2225	2204	2105	1957
Карабалык	2644	2542	2511	2481	2449	2416	2357	2294	2256	2094
Михайловка	2612	2534	2453	2423	2392	2356	2348	2309	2229	2071
Сарыколь	2627	2534	2489	2442	2406	2389	2371	2337	2278	2076
Костанай	2776	2676	2612	2604	2553	2527	2503	2441	2402	2226
Рудный	2774	2674	2625	2602	2582	2520	2499	2439	2374	2213
Аршалы	2628	2517	2497	2470	2459	2396	2349	2293	2233	2063
Тобол	2751	2635	2608	2584	2555	2505	2474	2415	2335	2156
Карасу	2649	2573	2516	2485	2448	2440	2384	2358	2298	2129
Кусмурын	2824	2752	2687	2681	2622	2606	2601	2529	2465	2315
Житикара	2725	2666	2616	2588	2562	2547	2489	2391	2334	2159
Железнодорожное	2651	2582	2535	2505	2466	2436	2425	2371	2295	2140
Мырзаколь	2852	2749	2723	2704	2668	2615	2582	2538	2460	2283
Аралколь	2880	2849	2794	2760	2749	2716	2687	2620	2550	2374
Аркалык	2765	2734	2679	2645	2634	2601	2572	2505	2435	2259
Аманкельды	3073	3046	3009	2983	2971	2936	2916	2895	2830	2653
Екидын	3266	3162	3137	3119	3090	3054	3046	3021	2964	2697

В северной части области (Карабалык) в среднем накапливается 2436^{°С} тепла, что соответствует обеспеченности около 50%. Здесь на 90% обеспечено 2250^{°С} тепла, т.е. в 9 годах из 10 накапливается не менее чем 2250^{°С} тепла, что достаточно для мягких и твердых сортов пшеницы, среднеспелых сортов подсолнечника и раннеспелых сортов кукурузы. В центральной части Костанайской области (МС Тобол, Карасу, Кусмурын, Житикара и т.д.) в среднем накапливается 2500^{°С} тепла, что соответствует обеспеченности около 50%. Здесь на 90% обеспечено 2350^{°С} тепла, что удовлетворяет требования мягких и твердых сортов пшеницы, среднеспелых и позднеспелых сортов подсолнечника, раннеспелых сортов кукурузы. На юге области (МС Аманкельды и Екидын) на 90% обеспечено 2800^{°С} тепла, что достаточно для пшеницы, для всех сортов подсолнечника, а также для раннеспелых, среднеспелых и среднепозднеспелых сортов кукурузы.

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 среднемноголетнем за год выпадают осадки на крайнем севере Костанайской области более 350 мм, в центральной части – 250-350 мм, а на крайнем юге – менее 250 мм (таблица 3.22). За теплый период года осадки выпадают в 2-3 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 выпадают более 60 мм осадков на севере, около 20 мм на юге области. Минимум осадков выпадает в феврале – около 15 мм за месяц (рисунок 3.7).

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
Пресногорьковка	16	12	14	22	31	42	59	57	33	30	26	20	362	89	273
Карабалык	18	15	18	22	35	52	66	42	29	29	23	20	368	93	274
Михайловка	14	12	14	21	33	38	60	47	25	29	22	19	334	81	253
Сарыколь	17	13	14	22	34	39	53	43	25	30	27	20	336	90	245
Костанай	19	15	16	24	33	36	55	38	25	30	25	23	338	98	240
Рудный	18	17	17	25	35	38	47	37	25	28	24	22	332	98	234
Аршалы	16	14	16	25	34	41	61	38	23	25	20	19	331	85	246
Тобол	18	16	18	23	35	39	49	37	26	28	24	22	335	98	237
Карасу	15	14	15	20	33	33	48	35	23	25	21	17	298	81	216
Кусмурын	15	12	15	20	31	37	43	31	19	23	21	19	286	82	203
Житикара	15	15	17	21	39	36	47	34	20	25	20	19	308	86	222
Железнодорожное	17	15	17	18	32	30	39	28	18	25	22	20	282	92	190
Мырзаколь	19	14	17	22	34	28	34	28	19	23	23	21	283	95	189
Аралколь	20	16	21	24	36	30	31	24	18	25	24	25	295	106	188
Аркалык	25	24	20	20	31	27	31	23	17	30	25	24	298	118	180
Аманкельды	16	13	13	15	19	18	22	17	15	22	23	20	213	85	128
Екидын	12	11	13	16	24	20	19	22	13	21	20	16	207	72	135

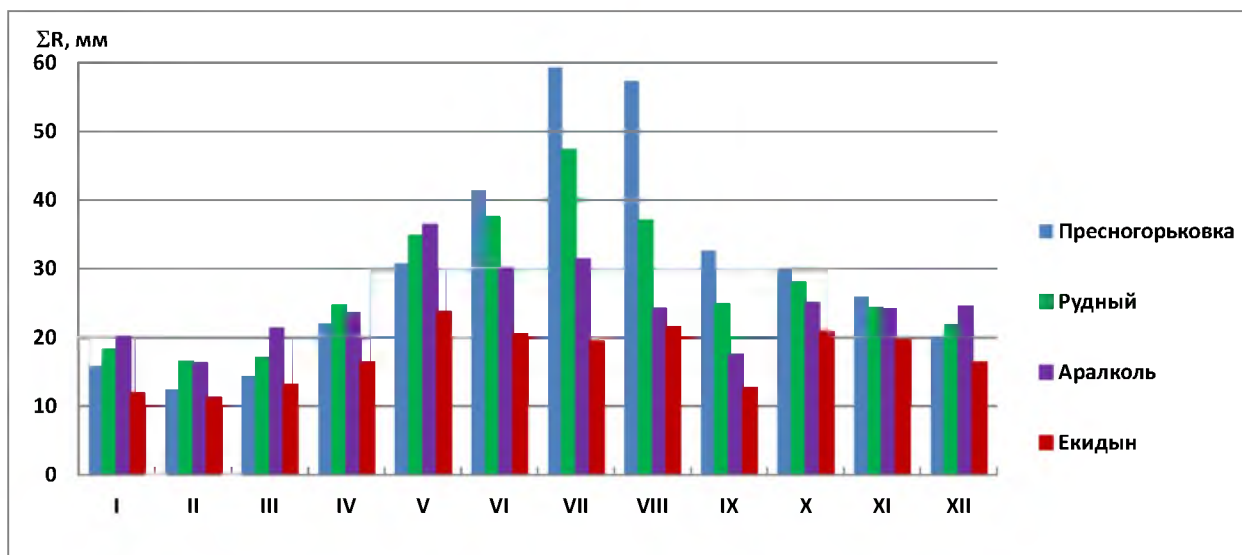


Рисунок 3.7 – Годовой ход месячных сумм осадков

Согласно коэффициенту вариации, многолетние ряды сумм осадков за теплый (апрель-октябрь) и холодный (декабрь-март) периоды года, осредненные по метеорологическим станциям Костанайской области, являются достаточно однородными (20-24%) (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 по области

Характеристика	Теплый период	Холодный период
Средняя, мм	215	92
Медиана, мм	208	93
Мода, мм	188	106
Ср. кв. отклонение, мм	53	18
Коэф. вариации, %	24	20

В Костанайской области повторяемость относительно дождливого теплого периода (апрель-октябрь) составляет 18%, т.е. такие годы вероятны 2 раза в 10 лет (таблица 3.24). Повторяемость мало дождливого теплого периода составляет 12%, т.е. такие годы вероятны 1 раз в 10 лет. В остальные 7 лет из 10 наблюдается обычный режим осадков, свойственный данному региону. Наименее дождливыми были 1991, 1998 и 2010 годы, наиболее дождливыми - 1993, 2003, 2011 и 2013 годы.

Таблица 3.24 – Повторяемость аномального режима осадков теплого периода года по Костанайской области (P, %)

Режим осадков теплого периода	P, %	Вероятность повторения за 10 лет
Дождливая	18	2 года
Мало дождливая	12	1 год
Обычная	70	7 лет

В области 2 года из 10 лет бывают относительно снежными, а малоснежная зима имеет вероятность также 2 раза в 10 лет. В 6 годах из 10 лет за холодный период года выпадают осадки (снег) в пределах нормы, свойственной для данной области (таблица 3.25). Малоснежными были зимы 2005-2006 и 2011-2012 годов.

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

Режим осадков холодного периода	Р, %	Вероятность повторения за 10 лет
Снежная	18	2 года
Малоснежная	18	2 года
Обычная	64	6 лет

3.4.2 Режим снежного покрова

В Костанайской области снежный покров в среднем появляется в северной части во второй половине октября, в южной части - в начале ноября. Устойчивый снежный покров образуется на преобладающей территории области в первой половине ноября, а на юге – в конце ноября. Устойчивый снежный покров разрушается в конце марта - начале апреля и полностью сходит 1-19 апреля. В области количество дней со снежным покровом составляет 125-161 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
Пресногорьковка	161	27.10	10.11	14.04	18.04
Карабалык	152	23.10	13.11	06.04	15.04
Михайловка	153	21.10	11.11	06.04	12.04
Сарыколь	148	30.10	12.11	06.04	08.04
Костанай	149	21.10	12.11	02.04	11.04
Рудный	148	21.10	14.11	02.04	11.04
Аршалы	155	18.10	10.11	07.04	19.04
Тобол	146	27.10	14.11	02.04	11.04
Карасу	155	26.10	10.11	08.04	13.04
Кусмурын	146	25.10	14.11	04.04	11.04
Житикара	151	25.10	14.11	06.04	13.04
Железнодорожное	153	24.10	10.11	08.04	17.04
Мырзаколь	150	26.10	14.11	06.04	14.04
Аралколь	142	30.10	20.11	02.04	11.04
Аркалык	131	09.11	26.11	03.04	04.04
Аманкельды	131	08.11	26.11	01.04	05.04
Екидын	125	09.11	27.11	25.03	01.04

В таблице 3.27 приведены средние многолетние значения высоты снежного покрова по декадам. Высота снежного покрова достигает своей максимальной высоты в конце февраля – начале марта (рисунок 3.8). В это время высота снежного покрова по территории области колеблется от 15 см на МС Екидын до 51 см на МС Пресногорьковка. В апреле месяце с повышением температуры воздуха начинается интенсивное снеготаяние.

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

НП (МС)	XI			XII			I			II			III			IV	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Пресногорьковка	3	5	8	14	17	24	30	35	38	42	46	50	51	51	47	37	16
Карабалык	4	6	9	13	16	23	28	32	34	36	39	40	40	37	27	12	
Михайловка	3	4	5	9	11	14	17	19	21	24	26	28	29	27	22	13	3
Сарыколь	5	7	10	14	19	22	27	30	32	32	34	35	35	34	28	15	4
Костанай	3	4	7	10	13	17	20	23	25	26	27	28	28	26	21	10	
Рудный	3	4	5	7	9	12	15	17	20	22	25	28	29	27	21	10	
Аршалы	4	6	8	10	13	17	21	23	25	27	30	33	34	33	29	19	
Тобол	4	6	9	13	17	21	24	27	28	30	31	34	34	32	25	15	
Карасу	4	5	6	10	13	17	20	23	26	29	33	36	37	36	30	19	6
Кусмурын	2	4	5	8	10	11	13	14	15	16	17	17	16	15	11	6	
Житикара	3	5	7	10	11	15	17	20	20	20	20	22	22	20	16	9	
Железнодорожное	5	7	11	14	17	19	21	24	25	27	29	30	30	30	25	14	5
Мырзаколь	3	5	7	10	12	16	18	19	20	23	24	25	26	26	21	12	3
Аралколь	3	5	6	10	13	18	22	26	28	31	33	36	35	34	26	13	5
Аркалык	2	3	6	10	13	16	19	22	24	28	32	34	35	35	30	17	
Аманкельды		2	3	7	11	15	20	24	27	30	33	35	35	32	24	11	
Екидын		2	4	6	9	10	11	13	14	14	15	15	15	12	8	2	

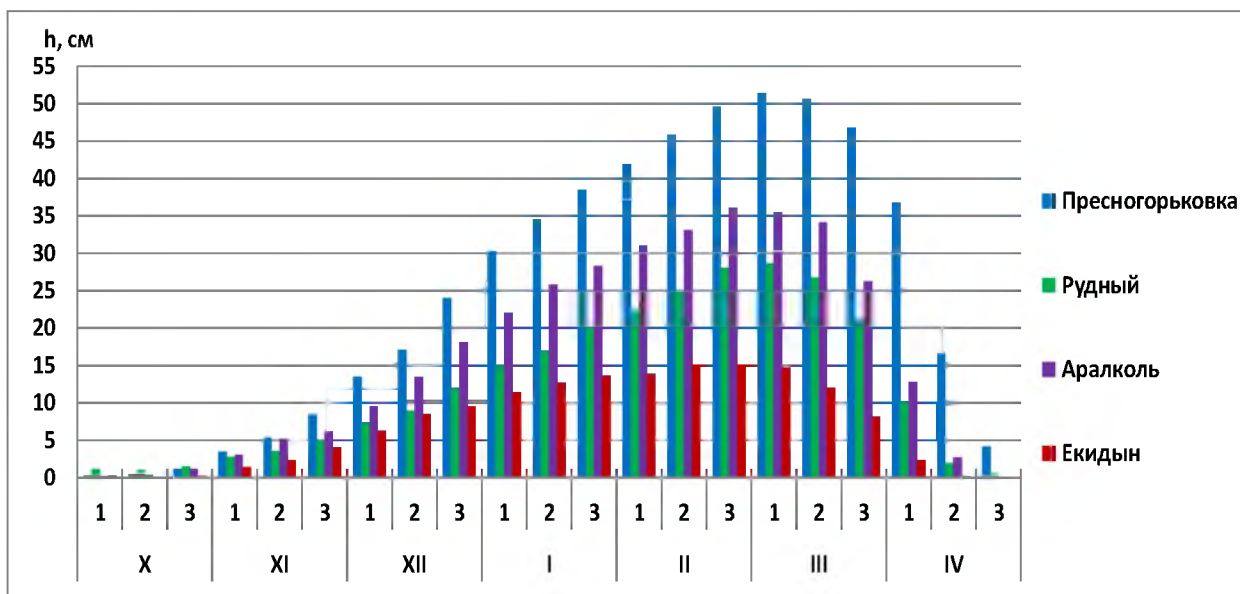


Рисунок 3.8 – Динамика высоты снежного покрова в холодный период года

В таблице 3.28 представлены среднемноголетние 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 Пресногорьковка до 66 мм ($\approx 66 \text{ л/м}^2$). Наименьшие запасы воды обладает снежный покров в районе МС Екидын, менее 40 мм. В целом запасы воды в снеге растут с юга на север области.

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
Пресногорьковка	18	21	25	29	36	44	49	50	51	55	59	63	66	51
Карабалык		16	20	27	32	37	42	48	49	51	56	58	59	50
Михайловка		20	25	28	38	45	50	55	61	67	70	64	56	41
Сарыколь	24	26	33	38	43	46	51	51	55	60	65	62	58	51
Костанай	13	15	19	26	31	36	39	43	49	52	61	56	53	56
Рудный	14	16	20	24	31	37	42	44	50	56	60	58	61	49
Аршалы	15	17	21	25	31	38	43	49	56	60	62	67	69	62
Тобол		24	27	29	35	39	42	44	49	51	53	55	57	51
Карасу			24	24	32	42	44	51	58	67	70	72	71	68
Кусмурын		20	23	26	33	38	42	44	47	52	57	57	55	54
Житикара		22	23	26	32	36	40	43	50	53	61	58	56	57
Железнодорожное	19	23	26	31	37	47	48	53	58	58	64	64	71	70
Мырзаколь	15	19	24	29	35	45	53	54	58	62	68	71	72	65
Аралколь			21	25	30	36	41	42	49	48	54	57	59	58
Аманкельды				26	36	42	52	55	59	63	67	65	53	
Екидын			16	21	21	26	28	30	33	33	35	32	37	

3.4.3 Режим увлажнения почвы

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

В Костанайской области запасы продуктивной влаги почвы (ЗПВ) измеряются на 13 пунктах, на 10 МС и 3 АМП. 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. По остальным 3 пунктам, по АМП Феодровка, АМП Кенарал и АМП Есенколь измерения ЗПВ начались с 2010 года.

В таблице 3.29 приведены преобладающий тип почв, их механический состав и наименьшая полевая влагемкость (НПВ) в наблюдательных участках МС и АМП. В области распространены в основном черноземы обыкновенные и южные, темно-каштановые почвы. По механическому составу являются тяжело- и среднесуглинистыми. НПВ колеблется для 20 см слоя почвы от 37 до 50 мм, а для 100 см слоя почвы – от 167 до 209 мм.

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. Надо отметить, что из-за малой длины ряда расчеты не проводились по АМП Феодровка, Кенарал и Есенколь.

Таблица 3.29 – Основные типы почв и их наименьшая полевая влагемкость (НПВ)

НП (МС)	Преобладающая почва, механический состав	НПВ, мм (0-20 см)	НПВ, мм (0-100 см)
Пресногорьковка	черноземы обыкновенные среднесуглинистые и тяжелосуглинистые	48	185
Карабалык	черноземы обыкновенные, среднесуглинистые	45	186
Михайловка	черноземы обыкновенные, среднесуглинистые и тяжелосуглинистые	45	209
Сарыколь	черноземы обыкновенные, тяжелосуглинистые	50	205
Костанай	черноземы южные, легкосуглинистые и тяжелосуглинистые	44	167
Аршалы	черноземы южные, тяжелосуглинистые	47	196
Тобол	черноземы обыкновенные, среднесуглинистые	39	176
Карасу	черноземы южные, легкоглинистые; тёмно-каштановые карбонатные, тяжелосуглинистые	49	210
Железнодорожное	тёмно-каштановые карбонатные, тяжелосуглинистые	44	197
Мырзаколь	темно-каштановые, легкосуглинистые и тяжелосуглинистые	37	175

В период весенне-полевых работ (начало мая) ЗПВ в пахотном слое почвы по области колеблется от 21 мм на МС Мырзаколь до 35 мм на МС Карасу (таблица 3.30). Далее к середине лета ЗПВ уменьшается до 6-22 мм, а в августе бывает еще меньше (5-19 мм).

Такая же закономерность временного распределения свойственна и для ЗПВ в метровом слое почвы. ЗПВ в метровом слое почвы в период весенне-полевых работ (май) по области колеблется от 113 мм на МС Мырзаколь до 158 мм на МС Сарыколь. 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
Пресногорьковка	26	26	27	25	20	24	21	23	21	24	22	19
Карабалык	29	27	24	18	15	17	17	19	15	15	13	15
Михайловка	34	35	34	33	26	22	22	26	22	21	16	15
Сарыколь	30	30	30	28	27	25	25	23	22	22	19	18
Костанай	30	27	29	23	18	15	12	14	9	10	9	8
Аршалы	30	26	21	21	15	13	10	11	9	9	4	6
Тобол	26	23	21	18	16	14	12	12	9	12	7	6
Карасу	35	32	30	29	22	20	16	15	15	12	8	8
Железнодорожное	27	28	24	24	18	15	13	12	11	7	5	10
Мырзаколь	21	18	13	13	7	6	6	8	7	5	2	5

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
Пресногорьковка	130	128	129	125	120	118	107	110	103	104	93	84
Карабалык	124	122	125	113	100	102	94	92	84	86	78	74
Михайловка	144	146	141	138	117	109	100	101	90	87	74	65
Сарыколь	158	160	163	154	152	148	153	135	130	124	111	99
Костанай	151	135	146	121	105	107	89	85	68	69	64	60
Аршалы	132	122	106	114	99	92	72	71	56	51	47	42
Тобол	118	120	111	115	100	97	90	80	64	65	53	51
Карасу	155	145	139	136	127	119	100	103	93	76	61	63
Железнодорожное	128	147	132	129	112	88	69	73	63	47	36	50
Мырзаколь	113	99	83	81	62	51	43	47	42	43	30	31

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 удовлетворительное увлажнение почвы (50-80%). В среднем оптимальное увлажнение почвы (80-91%) создается только в районе МС Костанай в мае месяце (таблица 3.32).

На всех рассматриваемых МС в первую половину вегетации создаются удовлетворительные условия увлажнения почвы, а во вторую половину – не удовлетворительные. При этом, чем южнее, тем раньше наступают не удовлетворительные условия увлажнения почвы. Например, на МС Преснегорьковка и МС Сарыколь ЗПВ снижаются до уровня неудовлетворительной только в конце августа, а на МС Мырзаколь – уже в конце мая.

Таким образом, в зерносеющих районах Костанайской области увлажненность почвы под зерновыми культурами по данным ЗПВ характеризуется как удовлетворительная.

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
Пресногорьковка	70	69	70	67	65	64	58	59	56	56	50	46
Карабалык	67	66	67	61	54	55	51	50	45	46	42	40
Михайловка	69	70	68	66	56	52	48	48	43	42	35	31
Сарыколь	77	78	79	75	74	72	74	66	63	60	54	48
Костанай	91	81	88	72	63	64	54	51	41	41	38	36
Аршалы	67	62	54	58	51	47	37	36	29	26	24	21
Тобол	67	68	63	65	57	55	51	45	37	37	30	29
Карасу	74	69	66	65	60	57	48	49	44	36	29	30
Железнодорожное	65	75	67	66	57	45	35	37	32	24	18	25
Мырзаколь	65	56	47	46	35	29	24	27	24	25	17	18

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 Костанайской области в среднем выпадают осадки в пределах 73-117 мм. За теплый период года выпадают гораздо больше осадков, в среднем 128-274 мм. Из них 76-195 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}
Пресногорьковка	89	273	189
Карабалык	94	274	195
Михайловка	82	253	178
Сарыколь	91	245	168
Костанай	99	240	161
Рудный	99	234	157
Аршалы	86	246	174
Тобол	99	237	160
Карасу	82	216	148
Кусмурын	83	203	142
Житикара	87	222	155
Железнодорожное	93	190	129
Мырзаколь	95	189	124
Аралколь	107	188	122
Аркалык	117	180	112
Аманкельды	84	128	76
Екидын	73	135	85

На рисунке 3.9 представлено пространственное распределение сумм осадков за теплый период года. По территории области сумма осадков постепенно уменьшается с севера на юг от 260 мм и более до 100 мм и менее.

В таблице 3.34 приведена различная обеспеченность сумм осадков за период май-август. На севере области за период активной вегетации сельскохозяйственных культур в среднем выпадают осадки около 190 мм, обеспеченность которой составляет примерно 50%. Здесь на 90% обеспечено около 100 мм осадков, т.е. в 9 годах из 10 за период май-август выпадают осадки не менее 100 мм. На 10% обеспечено осадки около 270 мм, т.е. такие осадки выпадают 1 раз в 10 лет. В центральной части области за май-август месяцы на 90% обеспечено суммы осадков в пределах 70-80 мм, а на 10% обеспечено осадки 200-250 мм. На юге области за май-август на 90% обеспечено суммы осадков в пределах 35-60 мм, а на 10% обеспечено осадки 130-180 мм.

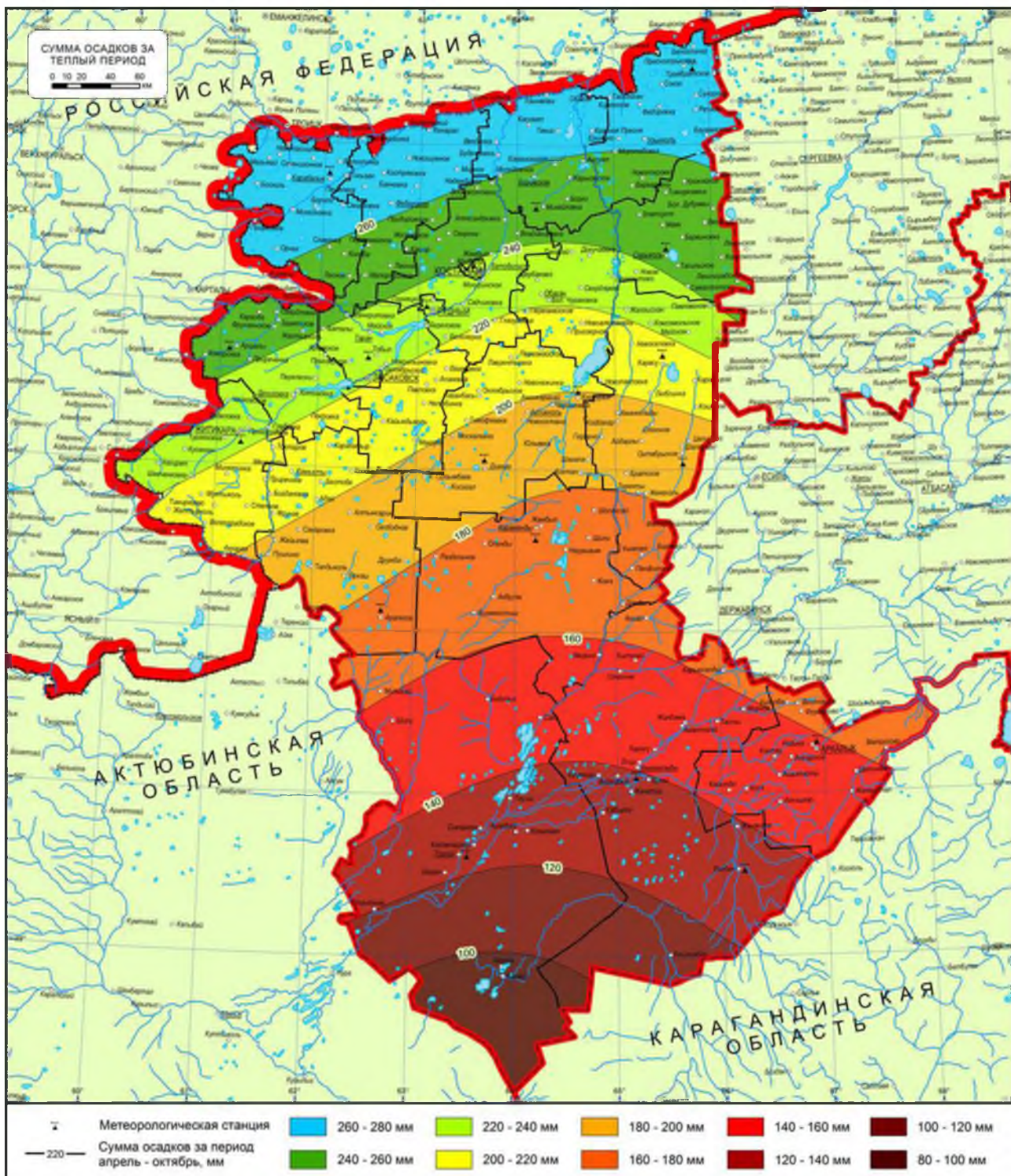


Рисунок 3.9 – Сумма осадков за теплый период года

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

НП (МС)	P, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Пресногорьковка	309	245	230	217	166	150	141	125	96	54
Карабалык	267	246	221	218	200	195	153	135	110	38
Михайловка	264	233	211	202	166	138	126	120	90	29
Сарыколь	226	202	188	179	171	163	154	129	96	54
Костанай	225	213	195	184	169	145	132	102	79	64
Рудный	233	219	185	168	154	143	129	107	74	48
Аршалы	262	230	208	187	173	156	128	115	82	70
Тобол	243	202	187	180	168	146	122	100	83	36
Карасу	210	203	186	158	142	131	115	93	75	54
Кусмурын	218	191	175	158	137	132	117	100	65	30
Житикара	243	211	183	166	150	121	110	101	90	58
Железнодорожное	196	154	148	142	127	117	105	84	73	27
Мырзаколь	187	160	152	135	123	112	101	82	62	26
Аралколь	186	169	158	137	118	104	86	74	60	45
Аркалык	181	154	137	116	95	82	79	72	60	31
Аманкельды	127	104	86	81	74	65	58	47	35	20
Екидын	135	125	96	82	79	68	64	51	45	22

Надо отметить, что по данным [60] среднемноголетнее значение годовой испаряемости по территории Костанайской 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 по территории Костанайской области коэффициент увлажнения К составляет 0,43-0,98, и ему свойственно уменьшение с севера на юг (таблица 3.35).

Таблица 3.35 – Влагообеспеченность по коэффициенту увлажнения К

НП (МС)	К	Оценка влагообеспеченности
Пресногорьковка	0,98	Достаточная, но не устойчивая
Карабалык	0,98	Достаточная, но не устойчивая
Михайловка	0,89	Достаточная, но не устойчивая
Сарыколь	0,87	Достаточная, но не устойчивая
Костанай	0,83	Достаточная, но не устойчивая
Рудный	0,82	Достаточная, но не устойчивая
Аршалы	0,89	Достаточная, но не устойчивая
Тобол	0,83	Достаточная, но не устойчивая
Карасу	0,76	Недостаточная влагообеспеченность
Кусмурын	0,70	Недостаточная влагообеспеченность
Житикара	0,79	Недостаточная влагообеспеченность
Железнодорожное	0,70	Недостаточная влагообеспеченность
Мырзаколь	0,67	Недостаточная влагообеспеченность
Аралколь	0,67	Недостаточная влагообеспеченность
Аркалык	0,67	Недостаточная влагообеспеченность
Аманкельды	0,43	Умеренный дефицит влаги
Екидын	0,43	Умеренный дефицит влаги

На рисунке 3.10 представлено пространственное распределение коэффициента увлажнения К.

По значениям К влагообеспеченность вегетационного периода оценивается как «достаточная, но не устойчивая» в северной части области (от МС Пресногорьковка до МС Тобыл).

Влагообеспеченность центральной части области (от Карасу до Аркалык) оценивается как «недостаточная». В южной части области (южнее МС Аманкельды) влагообеспеченность характеризуется как «умеренный дефицит влаги».

В таблице 3.36 приведена различная обеспеченность значений коэффициента увлажнения К. Например, на северной части области на 90% обеспечено значение $K > 0,40$, т.е. в 9 годах из 10 влагообеспеченность вегетационного периода характеризуется как «умеренный дефицит влаги». В южной половине области $K=0,23-0,39$, что характеризуется как «Дефицит влаги».

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

НП (МС)	Р, %									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Аманкельды	0,61	0,56	0,48	0,46	0,42	0,40	0,36	0,31	0,23	0,18
Аркалык	1,00	0,91	0,76	0,68	0,63	0,56	0,53	0,48	0,41	0,40
Аршалы	1,33	1,18	1,07	0,95	0,85	0,81	0,71	0,65	0,52	0,41
Аралколь	0,97	0,86	0,82	0,75	0,64	0,58	0,55	0,45	0,42	0,33
Житикара	1,19	1,01	0,91	0,85	0,78	0,68	0,58	0,56	0,46	0,41
Мырзаколь	0,97	0,86	0,77	0,74	0,69	0,60	0,55	0,51	0,43	0,28
Железнодорожное	1,00	0,91	0,81	0,75	0,71	0,66	0,57	0,51	0,45	0,23
Карасу	1,07	1,02	0,98	0,91	0,75	0,69	0,65	0,57	0,41	0,35
Карабалык	1,36	1,28	1,22	1,10	1,00	0,93	0,81	0,67	0,55	0,32
Костанай	1,16	1,08	1,05	0,94	0,89	0,80	0,73	0,58	0,45	0,39
Кусмурын	1,01	0,95	0,86	0,80	0,73	0,66	0,61	0,52	0,39	0,24
Михайловка	1,37	1,18	1,11	1,04	0,93	0,77	0,69	0,60	0,50	0,29
Пресногорьковка	1,58	1,33	1,23	1,07	0,91	0,83	0,77	0,69	0,55	0,35
Рудный	1,19	1,10	1,02	0,90	0,77	0,74	0,66	0,58	0,46	0,33
Тобол	1,21	1,05	0,98	0,92	0,83	0,77	0,70	0,57	0,46	0,29
Сарыколь	1,22	1,11	1,03	0,95	0,90	0,84	0,77	0,73	0,52	0,36
Екидын	0,63	0,55	0,48	0,45	0,43	0,38	0,35	0,30	0,28	0,16

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 северная окраина области, где ГТК превышает 0,80, является «не засушливой» (таблица 3.37, рисунок 3.11). Далее на юг от МС Сарыколь до МС Житикара (южная часть северной половины области), где ГТК в пределах 0,60-0,79, климат является «слабо засушливым». Еще южнее, до МС Аркалык (северная часть южной половины области), где ГТК в пределах 0,40-0,59, климат является «умеренно засушливым». Южная окраина области характеризуется ГТК менее 0,40, и период активной вегетации сельскохозяйственных культур является «сильно засушливым».

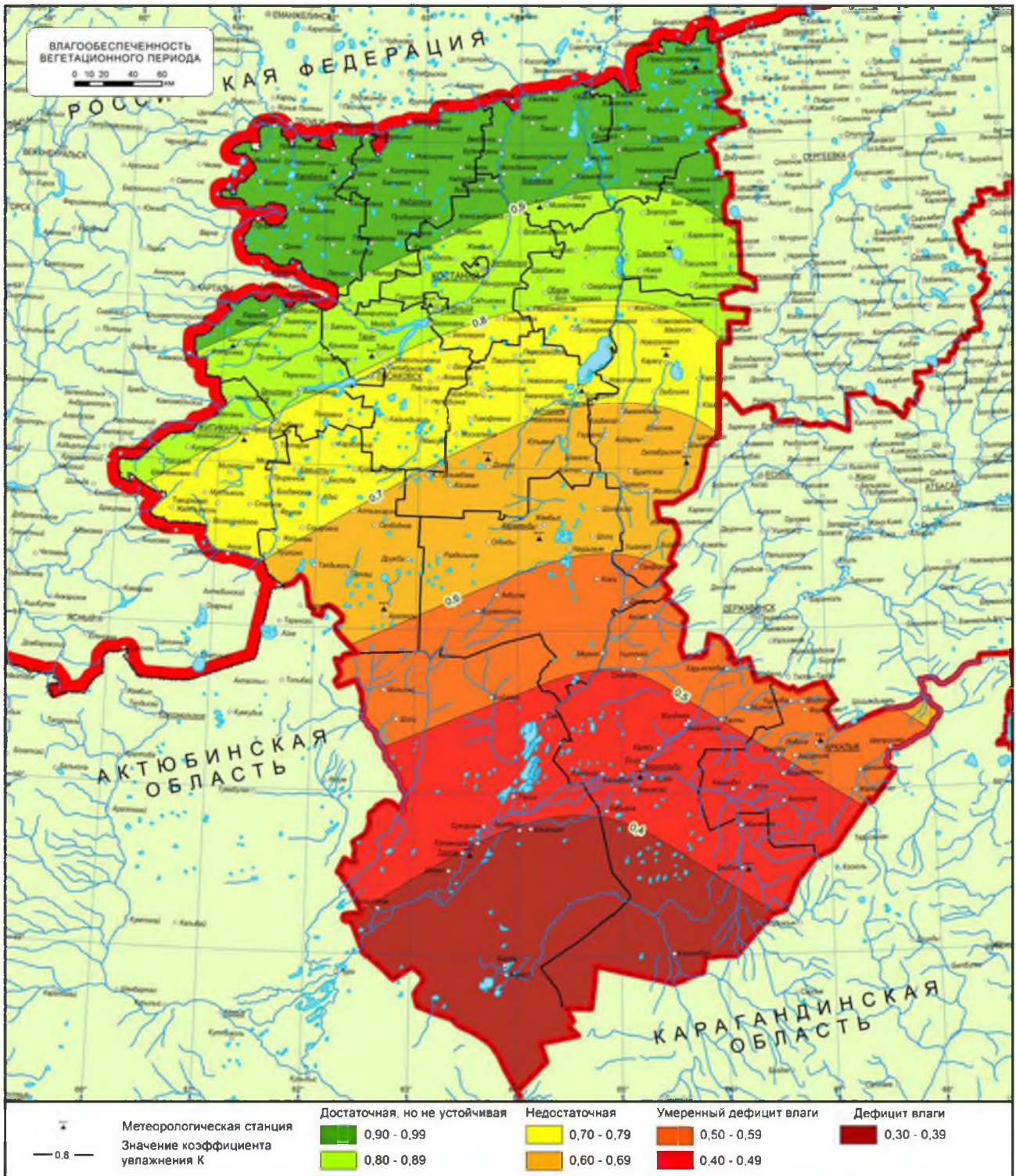


Рисунок 3.10 – Влагообеспеченность вегетационного периода

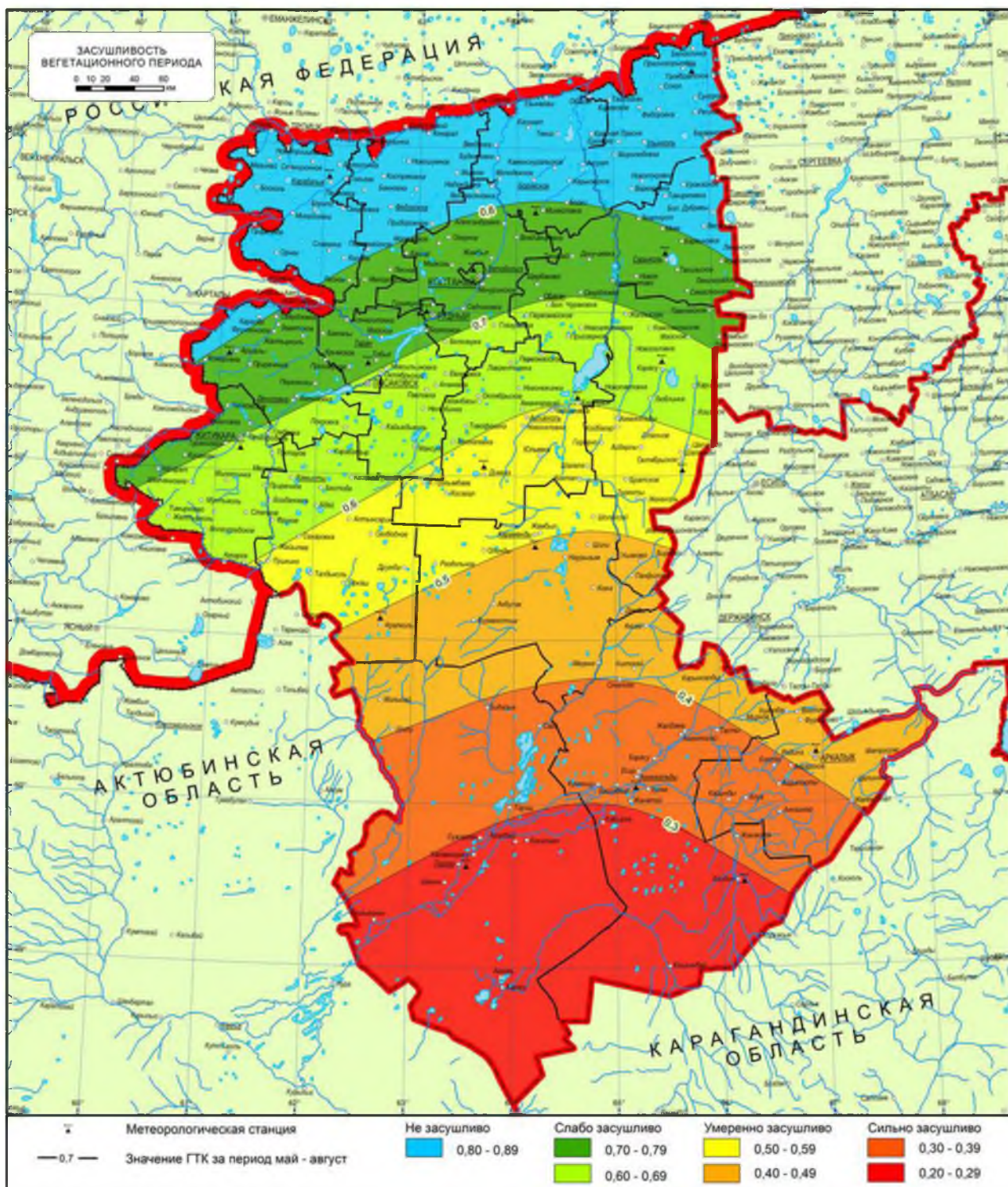


Рисунок 3.11 – Засушливость вегетационного периода

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

НП (МС)	ГТК ₅₋₈	Оценка засушливости
Пресногорьковка	0,89	Не засушливо
Карабалык	0,89	Не засушливо
Михайловка	0,82	Не засушливо
Сарыколь	0,77	Слабо засушливо
Костанай	0,71	Слабо засушливо
Рудный	0,69	Слабо засушливо
Аршалы	0,80	Слабо засушливо
Тобол	0,71	Слабо засушливо
Карасу	0,67	Слабо засушливо
Кусмурын	0,61	Слабо засушливо
Житикара	0,69	Слабо засушливо
Железнодорожное	0,58	Умеренно засушливо
Мырзаколь	0,54	Умеренно засушливо
Аралколь	0,52	Умеренно засушливо
Аркалык	0,49	Умеренно засушливо
Аманкельды	0,31	Сильно засушливо
Екидын	0,33	Сильно засушливо

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 МС области. Наибольшие значения БПК более 45 ц/га соответствуют северной и северо-западной окраине области (МС Пресногорьковка, Карабалык, Аршалы). Территория западнее и севернее от г. Костанай имеет БПК в пределах 40-45 ц/га. В центральной части области БПК составляет от 30 до 40 ц/га, а южная половина области характеризуется БПК менее 30 ц/га. Значения БПК менее 25 ц/га свойственны крайнему югу сухостепной зоны области (МС Аманкельды и МС Екидын).

Надо отметить, что значения БПК в южной части области не относятся к почвам не пригодным для земледелия, т.е. это бурые пустынные почвы, солонцы и пески. Здесь в долинах рек и озер распространены луговые и лугово-каштановые почвы, а также светло-каштановые почвы.

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

НП (МС)	БКП, ц/га
Пресногорьковка	42
Карабалык	46
Михайловка	42
Сарыколь	47
Костанай	39
Рудный	39
Аршалы	49
Тобол	40
Карасу	44
Кусмурын	37
Житикара	47
Железнодорожное	37
Мырзаколь	34
Аралколь	31
Аркалык	31
Аманкельды	25
Екидын	25

На рисунке 3.12 представлено пространственное распределение БКП по территории Костанайской области. Значение БКП 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 БКП характеризуют общую закономерность их пространственного распределения по территории области.

Анализ показал, что максимальная урожайность яровой пшеницы по административным районам области составляет около 50% от БКП. 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 БКП составляет 80–85 %.

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 Костанайской области приземный атмосферный воздух является достаточно влажным. Средняя годовая относительная влажность воздуха уменьшается с севера на юг от 72 до 63% (таблица 3.39). Относительная влажность воздуха растет от лета к зиме (рисунок 3.13). Наименьшие значения относительной влажности воздуха наблюдается в северной части области в мае-июне (56-59%), а в южной части – в летние месяцы (45-51%). В зимние месяцы влажность воздуха повышается до 80% и выше.

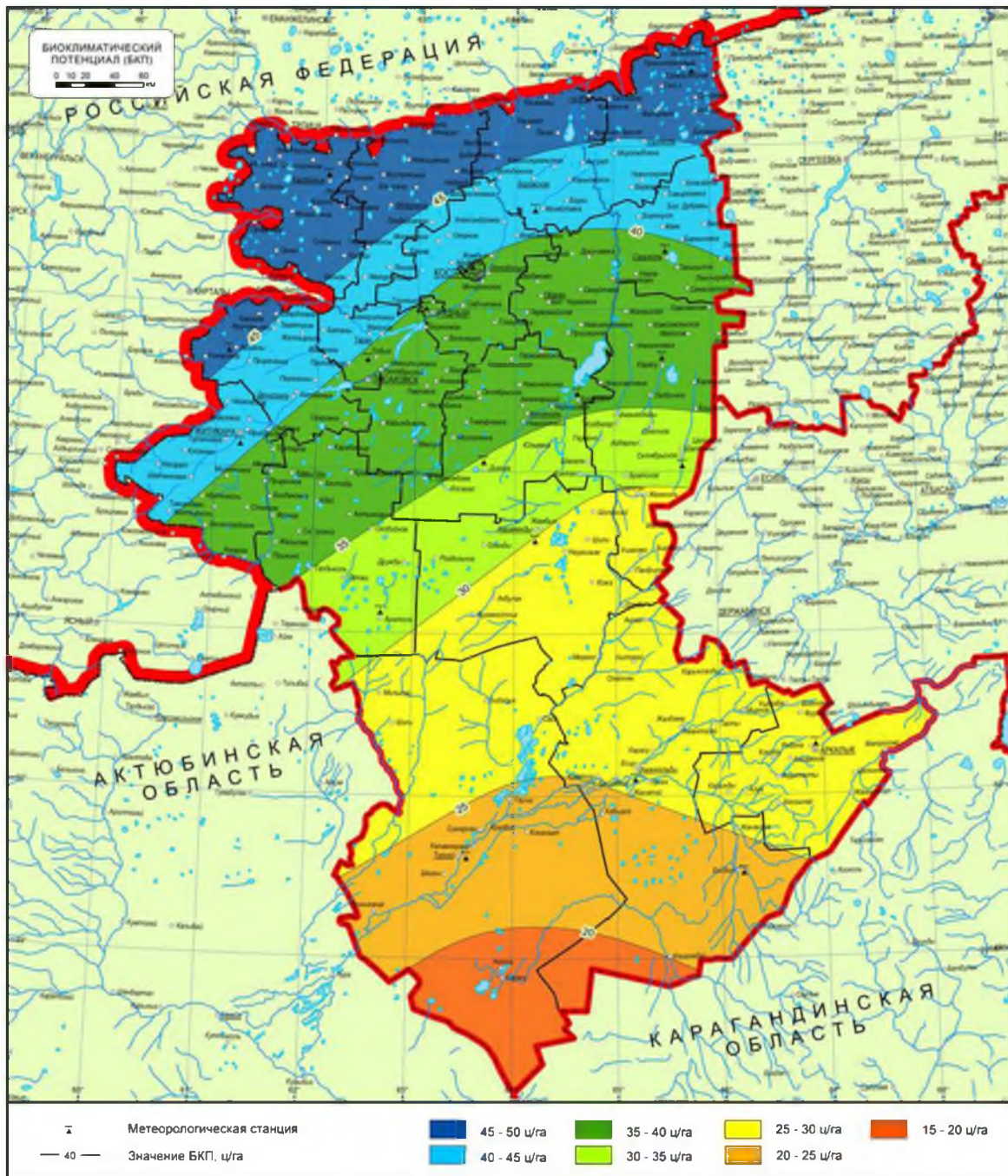


Рисунок 3.12 – Биоклиматический потенциал территории Костанайской области

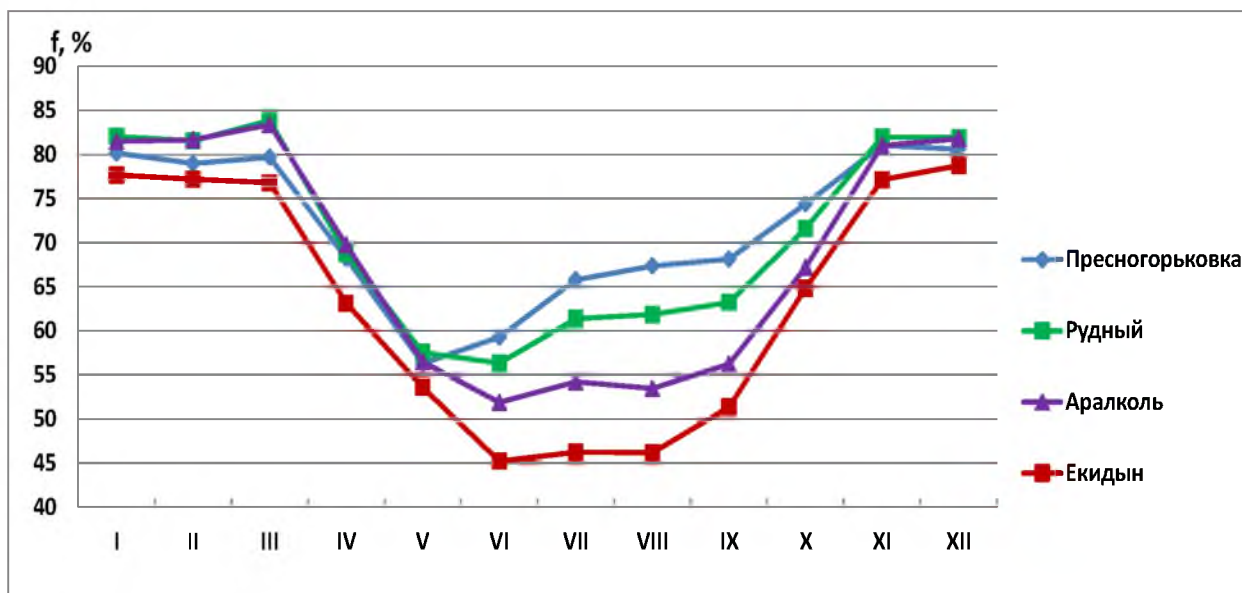


Рисунок 3.13 – Годовой ход относительной влажности воздуха

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

МП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Пресногорьковка	80	79	80	68	56	59	66	67	68	74	81	81	72
Карабалык	79	78	80	66	54	56	64	64	64	71	79	79	69
Михайловка	81	81	82	68	56	57	65	65	65	73	82	81	71
Сарыколь	79	78	79	70	57	56	61	63	64	71	79	79	70
Костанай	82	82	82	68	58	57	64	64	64	72	82	83	71
Рудный	82	82	84	69	58	56	61	62	63	72	82	82	71
Аршалы	83	83	84	69	56	56	62	63	63	71	82	82	71
Тобол	82	82	83	69	57	56	63	62	63	71	83	82	71
Карасу	81	81	83	72	60	58	64	63	64	73	83	82	72
Кусмурын	80	79	82	69	57	54	59	58	61	70	81	81	69
Житикара	84	84	85	69	58	58	63	62	63	70	82	83	72
Железнодорожное	81	80	84	71	56	53	59	57	59	70	83	82	70
Мырзаколь	81	82	83	69	55	52	56	56	58	69	81	82	69
Аралколь	82	82	83	70	56	52	54	53	56	67	81	82	68
Аркалык	84	84	85	69	55	51	55	51	54	67	83	84	69
Аманкельды	80	80	81	67	56	49	50	48	54	67	78	81	66
Екидын	78	77	77	63	54	45	46	46	51	65	77	79	63

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 Костанайской области скорость ветра распределяется не равномерно. В течение года скорость ветра ослабевает летом, а к зиме - усиливается (рисунок 3.14). Самым ветреным местом области является район МС Аркалык, где среднегодовая скорость ветра составляет 5,5 м/с. Наименьшая скорость ветра наблюдается в районе МС Карабалык, где среднегодовая скорость ветра равна 3,0 м/с (таблица 3.40).

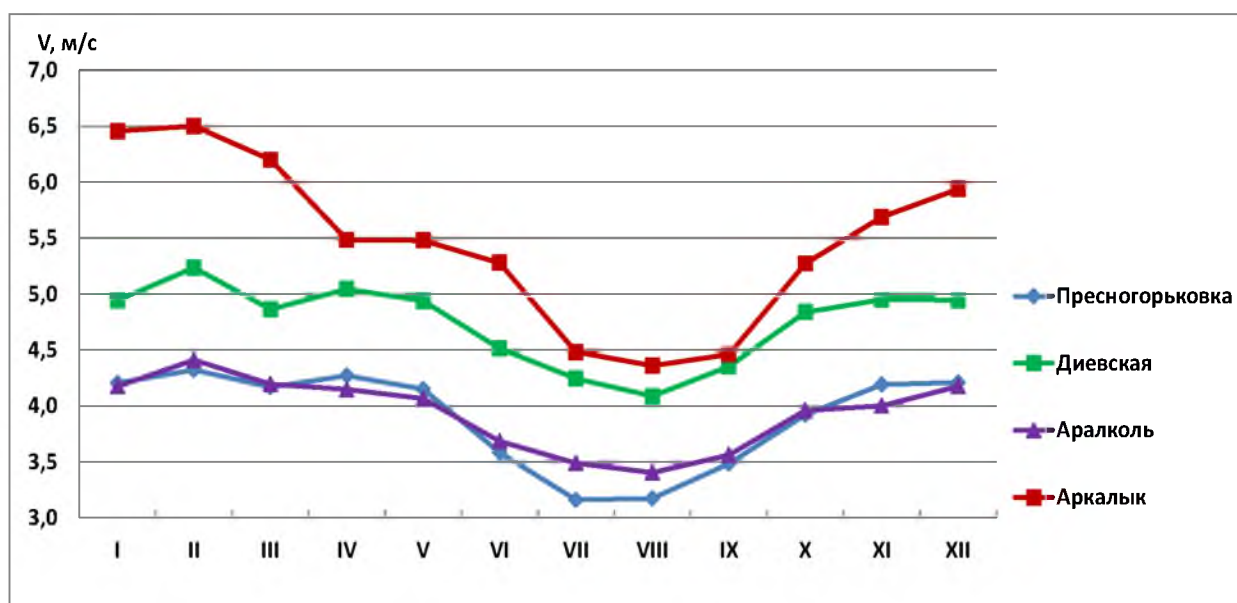


Рисунок 3.14 – Годовой ход средних месячных скоростей ветра

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
Пресногорьковка	4,2	4,3	4,2	4,3	4,2	3,6	3,2	3,2	3,5	3,9	4,2	4,2	3,9
Карабалык	2,8	2,8	2,9	3,5	3,6	3,2	2,7	2,6	2,9	3,2	3,1	2,8	3,0
Михайловка	4,3	4,3	4,1	4,5	4,6	4,0	3,6	3,6	3,7	4,1	4,2	4,2	4,1
Сарыколь	4,2	4,2	3,6	3,6	3,7	3,2	2,7	2,8	3,2	3,6	3,8	4,1	3,6
Костанай	3,3	3,4	3,4	3,7	3,5	3,2	2,8	2,6	2,9	3,2	3,3	3,4	3,2
Рудный	4,7	4,8	4,5	4,7	4,6	4,1	3,7	3,6	4,0	4,5	4,5	4,5	4,3
Аршалы	3,4	3,4	3,2	3,5	3,3	2,8	2,4	2,4	2,8	3,4	3,4	3,4	3,1
Тобол	3,5	3,7	3,3	3,6	3,7	3,4	2,9	2,8	3,0	3,3	3,2	3,4	3,3
Карасу	4,9	4,9	4,5	4,3	4,0	3,5	2,9	3,0	3,4	4,0	4,4	4,9	4,1
Кусмурын	3,6	3,9	3,5	3,7	3,6	3,4	3,2	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	3,4
Житикара	3,8	4,0	3,7	3,8	3,6	3,3	2,9	2,8	3,2	3,6	3,9	4,1	3,5
Железнодорожное	5,2	5,2	4,9	4,7	4,7	4,4	3,7	3,6	3,8	4,5	4,7	5,3	4,6
Мырзаколь	4,9	5,2	4,9	5,0	4,9	4,5	4,2	4,1	4,4	4,8	5,0	4,9	4,7
Аралколь	4,2	4,4	4,2	4,1	4,1	3,7	3,5	3,4	3,6	4,0	4,0	4,2	3,9
Аркалык	6,5	6,5	6,2	5,5	5,5	5,3	4,5	4,4	4,5	5,3	5,7	5,9	5,5
Аманкельды	5,0	5,3	4,8	4,6	4,3	3,8	3,7	3,6	3,6	4,0	4,1	4,4	4,3
Екидын	3,5	3,6	3,4	3,6	3,5	3,4	3,2	3,0	3,0	3,2	3,2	3,3	3,3

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 Аралколы 12%, в районах МС Пресногорьковка и Мырзаколь 5-6%, а на МС Аркалык – 3% (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 всех МС в среднем за год и в январе преобладают юго-западные (ЮЗ) и южные (Ю) ветра. В июле преобладает ветра северного направления, т.е. от северо-западного (СЗ) до северо-восточного (СВ) направления (таблица 3.41 и рисунки 3.15–3.18).

Таблица 3.41 – Повторяемость направления ветра и штиля, %

НП (МС)	Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	штиль
Пресногорьковка	I	4	8	7	8	20	33	13	7	6
	VII	13	14	10	8	8	10	16	21	7
	год	7	9	8	7	14	26	17	12	6
Мырзаколь	I	5	8	7	7	22	33	13	5	7
	VII	17	16	10	5	5	11	19	17	6
	год	10	11	8	7	15	22	17	10	5
Аралколь	I	8	14	6	8	26	22	10	6	13
	VII	23	19	9	6	5	8	13	17	12
	год	13	15	8	8	15	18	14	9	12
Аркалык	I	1	9	19	8	16	37	9	1	4
	VII	17	20	16	6	7	8	15	11	3
	год	7	12	18	7	12	24	14	6	3



Рисунок 3.15 – Роза ветров на МС Пресногорьковка

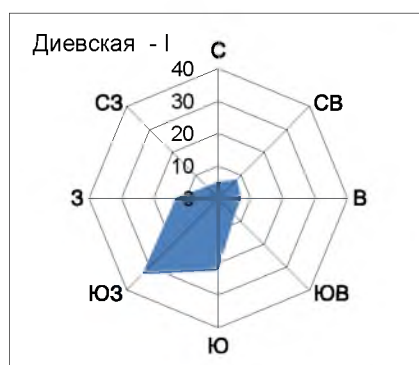


Рисунок 3.16 – Роза ветров на МС Мырзаколь

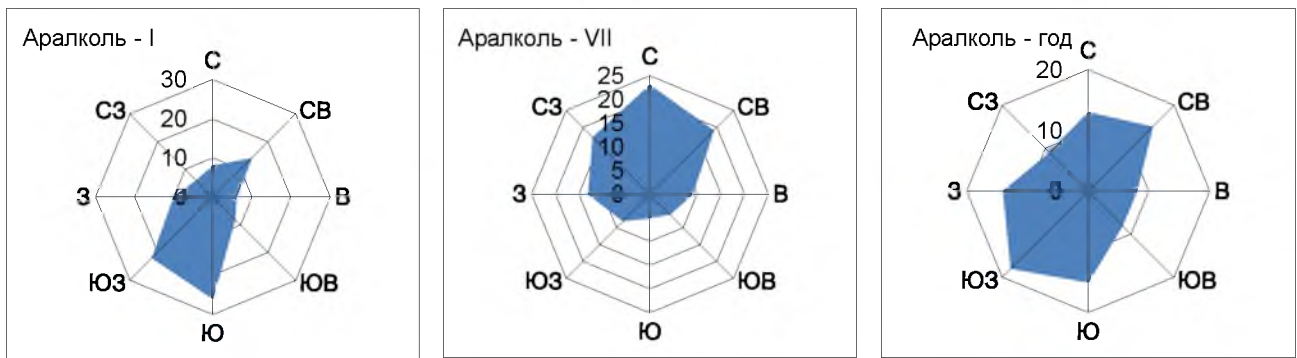


Рисунок 3.17 – Роза ветров на МС Аралколь

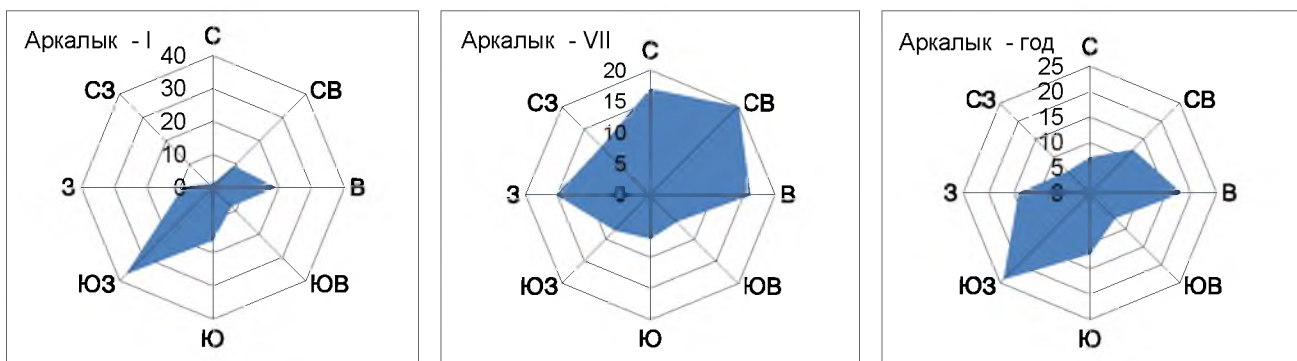


Рисунок 3.18 – Роза ветров на МС Аркалык

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 [61, 62].

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 50% на МС Пресногорьковка до 72% на МС Аркалык.

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 Пресногорьковка													
0-3,9	46	44	50	44	45	53	61	61	54	48	44	46	50
$\geq 4,0$	54	56	50	56	55	47	39	39	46	52	56	54	50
МС Мырзаколь													
0-3,9	40	38	41	39	38	43	45	47	45	36	38	39	41
$\geq 4,0$	60	62	59	61	62	57	55	53	55	64	62	61	59
МС Аралколь													
0-3,9	46	44	47	44	45	50	53	56	52	47	46	45	48
$\geq 4,0$	54	56	53	56	55	50	47	44	48	53	54	55	52
МС Аркалык													
0-3,9	25	29	25	25	25	28	34	36	35	29	25	26	28
$\geq 4,0$	75	71	75	75	75	72	66	64	65	71	75	74	72

Для расчета средней удельной мощности ветрового потока (ветроэнергетического потенциала на 1 м^2 - N_{cp}) по средней скорости ветра (V) можно использовать формулу [63]:

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

Расчеты показали, что среднегодовой ветроэнергетический потенциал превышает $100 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$ на МС Аркалык, Мырзаколь и Железнодорожное. На МС Рудный, Карасу и Аманкельды превышает $100 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$ в холодный период года, а на МС Михайловка - в апреле-мае. На остальных МС ветроэнергетический потенциал составляет менее $80 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$. В районе МС Аркалык, где наблюдается наибольшая скорость ветра, ветроэнергетический потенциал в среднем за год составляет $190 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$, максимума достигает в феврале ($319 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$), а минимума - в августе ($96 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$) (таблица 3.43).

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

НП (МС)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Пресногорьковка	86	94	84	90	83	53	37	37	49	70	85	87	69
Карабалык	25	26	29	50	54	36	22	20	29	37	33	26	31
Михайловка	90	91	80	106	116	76	53	52	61	79	83	84	79
Сарыколь	87	85	53	56	59	39	22	25	38	54	63	83	52
Костанай	42	45	44	60	51	37	25	21	27	39	42	44	39
Рудный	117	125	109	119	113	80	58	56	72	103	103	106	95
Аршалы	48	47	40	49	41	27	16	17	27	45	45	44	36
Тобол	49	57	43	56	60	44	29	26	32	42	40	46	43
Карасу	138	140	103	89	73	50	30	32	45	75	101	133	78
Кусмурын	56	68	49	57	55	45	36	29	30	38	42	50	45
Житикара	63	76	60	62	52	40	28	25	37	52	69	81	52
Железнодорожное	164	166	139	117	120	99	60	54	63	103	122	169	110
Мырзаколь	140	167	134	149	140	107	89	79	96	131	141	140	124
Аралколь	84	100	86	83	78	58	49	46	52	72	74	84	71
Аркалык	312	319	277	192	191	171	104	96	103	170	214	243	190
Аманкельды	146	168	130	111	94	65	59	52	55	74	82	102	91
Екидын	51	54	47	55	51	46	38	31	31	39	37	40	43

При таком среднегодовом ветроэнергетическом потенциале ($190 \text{ Вт/м}^2 * \text{с}$), его суточное значение на 1 м^2 рабочей поверхности составляет $16,4 \text{ МВт/м}^2 * \text{сут}$, а годовое – $5896,7 \text{ МВт/м}^2 * \text{год}$.

Таким образом, территория Костанайской области является относительно благоприятным для использования энергии ветра.

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 [61].

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 Мырзаколь и МС Аркалык, где в течение года месячные максимальные скорости ветра колеблются от 18 до 35 м/с, а порывы до 40 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
Пресногорьковка	20 (28)	24 (28)	20 (24)	24 (28)	24 (30)	24 (28)	20 (25)	24 (28)	20 (28)	24 (28)	20 (25)	20 (28)	24 (30)
Мырзаколь	28 (34)	24 (28)	24 (28)	28 (40)	24 (28)	34 (40)	18 (34)	18 (28)	28 (34)	24 (34)	24 (34)	34 (40)	35 (40)
Аралколь	20 (24)	26 (30)	28 (32)	20 (28)	22 (40)	24 (28)	18 (21)	24 (34)	28 (34)	20 (24)	22 (28)	28 (34)	28 (40)
Аркалык	28 (34)	35 (40)	29 (38)	27 (32)	24 (29)	27 (38)	20 (25)	20 (30)	25 (30)	28 (33)	33 (40)	28 (35)	35 (40)

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 4-7⁰С (утром) до 30-36⁰С (после полудня), и в среднем составляет 15-19⁰С.

Таблица 3.45 – Температура поверхности почвы, ⁰С

НП (МС)	Апрель			Май			Июнь		
	ср	ср. макс	ср. мин	ср.	ср. макс	ср. мин	ср.	ср. макс	ср. мин
Пресногорьковка	3	13	-4	16	34	4	23	43	11
Карабалык	6	19	-2	17	35	5	24	44	11
Михайловка	5	15	-2	17	35	5	24	45	11
Сарыколь	5	15	-2	15	30	5	23	42	11
Костанай	7	20	-2	17	36	5	25	45	12
Рудный	7	21	-2	18	37	5	25	47	12
Аршалы	6	19	-3	17	36	4	24	45	11
Тобол	6	19	-2	17	36	5	24	45	11
Карасу	4	14	-3	16	34	4	24	44	11
Кусмурын	6	18	-2	17	36	5	25	45	11
Житикара	5	16	-2	16	35	5	23	43	11
Железнодорожное	5	17	-3	17	36	4	24	45	11
Мырзаколь	7	20	-2	18	37	6	25	46	12
Аралколь	5	15	-1	16	34	6	23	42	12
Аркалык	5	14	-2	16	33	4	24	44	10
Аманкельды	8	20	0	19	36	7	26	46	12
Екидын	9	23	0	19	36	7	27	47	13

В таблице 3.46 приведены данные по средней декадной температуре поверхности почвы. В среднем поверхность почвы прогревается в первой декаде мая до 13-16^оС, в третьей декаде – до 18-22^оС, а в июне – на всех МС превышает 20^оС.

Таблица 3.46 – Средняя декадная температура поверхности почвы, ^оС

НП (МС)	Апрель			Май			Июнь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Пресногорьковка	-2	3	8	13	16	19	21	24	25
Карабалык	1	6	10	14	17	19	22	24	26
Михайловка	-1	5	10	14	17	19	22	25	26
Сарыколь	-1	5	9	13	15	18	20	23	23
Костанай	0	6	10	14	17	19	22	24	25
Рудный	1	7	12	15	18	20	23	26	27
Аршалы	0	6	11	15	17	20	22	25	26
Тобол	0	6	10	15	17	19	22	25	26
Карасу	-3	4	10	14	16	19	21	24	26
Кусмурын	-1	5	10	14	17	19	21	26	26
Житикара	-1	5	9	13	16	18	21	24	25
Железнодорожное	-1	5	9	13	16	18	21	24	25
Мырзаколь	0	7	12	16	18	20	23	26	27
Аралколь	0	7	12	15	18	20	22	25	27
Аркалык	-1	5	10	13	16	19	21	24	26
Аманкельды	2	9	13	16	19	21	23	27	29
Екидын	3	10	14	16	19	22	24	27	29

В таблице 3.47 приведена средняя месячная температура пахотного слоя почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см, по коленчатым термометрам. В центральной части области в среднем за май месяц температура в верхнем 5 см слое почвы составляет около 15^оС, а на глубине 20 см – около 13^оС. На территории области в июне пахотный слой почвы прогревается в среднем за месяц до 20-22^оС в 5 см глубине, до 18-20^оС в 20 см глубине.

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

НП (МС)	Май (глубина, см)				Июнь (глубина, см)			
	5	10	15	20	5	10	15	20
Пресногорьковка	-	-	-	-	20,7	19,8	19,0	18,3
Карабалык	-	-	-	-	-	20,3	-	-
Михайловка	-	-	-	-	-	20,5	19,6	-
Сарыколь	-	-	-	-	-	18,8	-	-
Костанай	15,7	15,0	14,2	13,6	22,9	22,0	21,2	20,3
Аршалы	15,0	14,1	13,3	12,7	22,4	21,3	20,4	20,0
Житикара	15,2	14,4	13,6	13,1	21,9	21,0	20,0	19,5
Аркалык	-	-	-	-	20,7	19,8	18,9	18,3

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 и центральной земледельческой территории Костанайской области

устойчивое промерзание почвы в среднем начинается в начале ноября, в годы с холодной осенью на севере – 10 октября, в центре – 25 октября. Весной верхний 10 см слой почвы оттаивает в первой декаде апреля, и почва полностью оттаивает в конце апреля – начале мая. Самая поздняя дата полного оттаивания почвы зафиксирована в центральной части области – 25 мая, на севере – 22 мая (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
Пресногорьковка	02.11	07.10	08.12	10.04	13.04	15.04	22.04	05.04	08.05
Карабалык	07.11	11.10	11.12	08.04	12.04	15.04	03.05	11.04	22.05
Михайловка	01.11	11.10	01.12	11.04	13.04	15.04	24.04	09.04	09.05
Сарыколь	02.11	01.10	01.12	07.04	11.04	14.04	06.05	16.04	07.06
Костанай	09.11	16.10	05.12	01.04	02.04	07.04	17.04	03.04	10.05
Аршалы	02.11	11.10	01.12	07.04	09.04	11.04	29.04	15.04	13.05
Карасу	30.10	08.10	01.12	13.04	15.04	18.04	03.05	11.04	20.05
Житикара	11.11	27.10	01.12	10.04	13.04	13.04	24.04	12.04	15.05
Железнодорожное	12.11	25.10	21.12	08.04	12.04	15.04	07.05	20.04	25.05
Мырзаколь	02.11	10.10	01.12	04.04	06.04	07.04	14.04	29.03	01.05

На территории области в среднем глубина промерзания составляет в ноябре 38-75 см и нарастает к концу зимы, достигая глубины 108–148 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
Пресногорьковка	44	80	99	108	112	-	>150	45
Карабалык	41	85	112	121	121	-	>150	87
Михайловка	54	105	126	126	128	-	>150	95
Сарыколь	38	74	102	120	126	-	>150	83
Костанай	49	98	117	129	124	-	>150	35
Аршалы	58	111	129	133	132	-	>150	126
Карасу	53	100	131	146	141	-	>150	148
Житикара	38	72	98	116	108	119	156	82
Железнодорожное	38	67	100	120	129	-	>150	72
Мырзаколь	75	115	141	158	148	-	>150	130

4 НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ ПОГОДНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

4.1 Засуха

Для оценки засухи в Казахстане можно использовать запасы влаги в почве, ГТК, коэффициент увлажнения K 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
26	16	10	4	6	10

Таким образом, в Костанайской области повторяемость засухи составляет 26%, т.е. засуха имеет вероятность проявления 1 раз в 4 года. Повторяемость сильной засухи, когда урожайность снижается на 50% и более составляет 10%, т.е. имеет вероятность проявления 1 раз в 10 лет. Надо отметить, что данная оценка характеризует северную и центральную части области, где возделывается яровая пшеница.

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 Костанайской 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 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.

В Костанайской области с севера на юг растет повторяемость засухи. На крайнем севере области повторяемость засухи составляет 25%, т.е. имеет вероятность установления 1 раз в 4 года. Но здесь повторяемость сильных засух, которые снижают урожайность культур на 50% и более, равняется 8%, т.е. она имеет вероятность 1 раз в 13 лет.

В центральной части области повторяемость засухи составляет 40-50%, т.е. имеет вероятность установления 1 раз в 2 года, а повторяемость сильных засух составляет 12-24% и имеет вероятность 1 раз в 4-8 лет.

В южной части области повторяемость засухи превышает 60% и она наблюдается ежегодно. Также высока повторяемость сильных засух – выше 30%, т.е. имеет вероятность 1 раз в 2 года.

На рисунке 4.1 представлено пространственное распределение повторяемости засухи по территории Костанайской области. Наименьшая повторяемость засухи (менее 40%) свойственна северной части области, в центральной части она составляет от 40 до 80%, а на юге области – более 80%.

На рисунке 4.2 представлено пространственное распределение повторяемости сильной засухи, приводящее к снижению урожайности на 50% и более. Наименьшая повторяемость сильной засухи (менее 10%) свойственна северной части области. От нее на юг области повторяемость сильной засухи растет до 70% и более.

Таблица 4.2 – Повторяемость и вероятность установления засухи

НП (МС)	Повторяемость, %		Вероятность 1 раз в ... лет	
	засуха	сильная засуха	засуха	сильная засуха
Пресногорьковка	25	8	4	13
Карабалык	24	8	4	13
Михайловка	27	10	4	10
Сарыколь	27	10	4	10
Костанай	32	12	3	9
Рудный	31	12	3	8
Аршалы	31	13	3	8
Тобол	32	14	3	7
Карасу	41	17	2	6
Кусмурын	43	19	2	5
Житикара	42	12	2	8
Железнодорожное	52	24	2	4
Мырзаколь	60	24	2	4
Аралколь	62	32	2	3
Аркалык	69	45	1	2
Аманкельды	97	75	1	1
Екидын	97	73	1	1

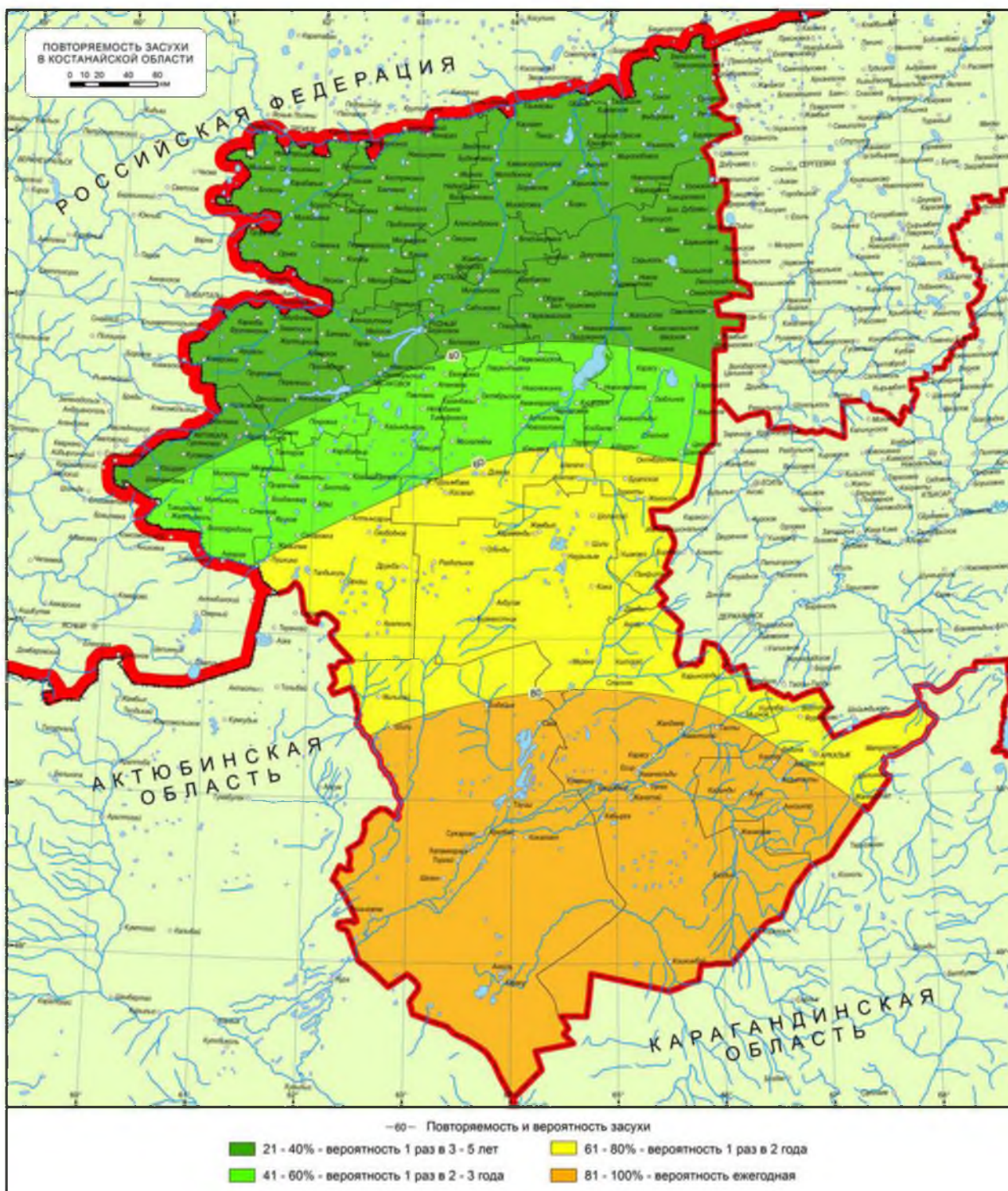


Рисунок 4.1 – Повторяемость засухи

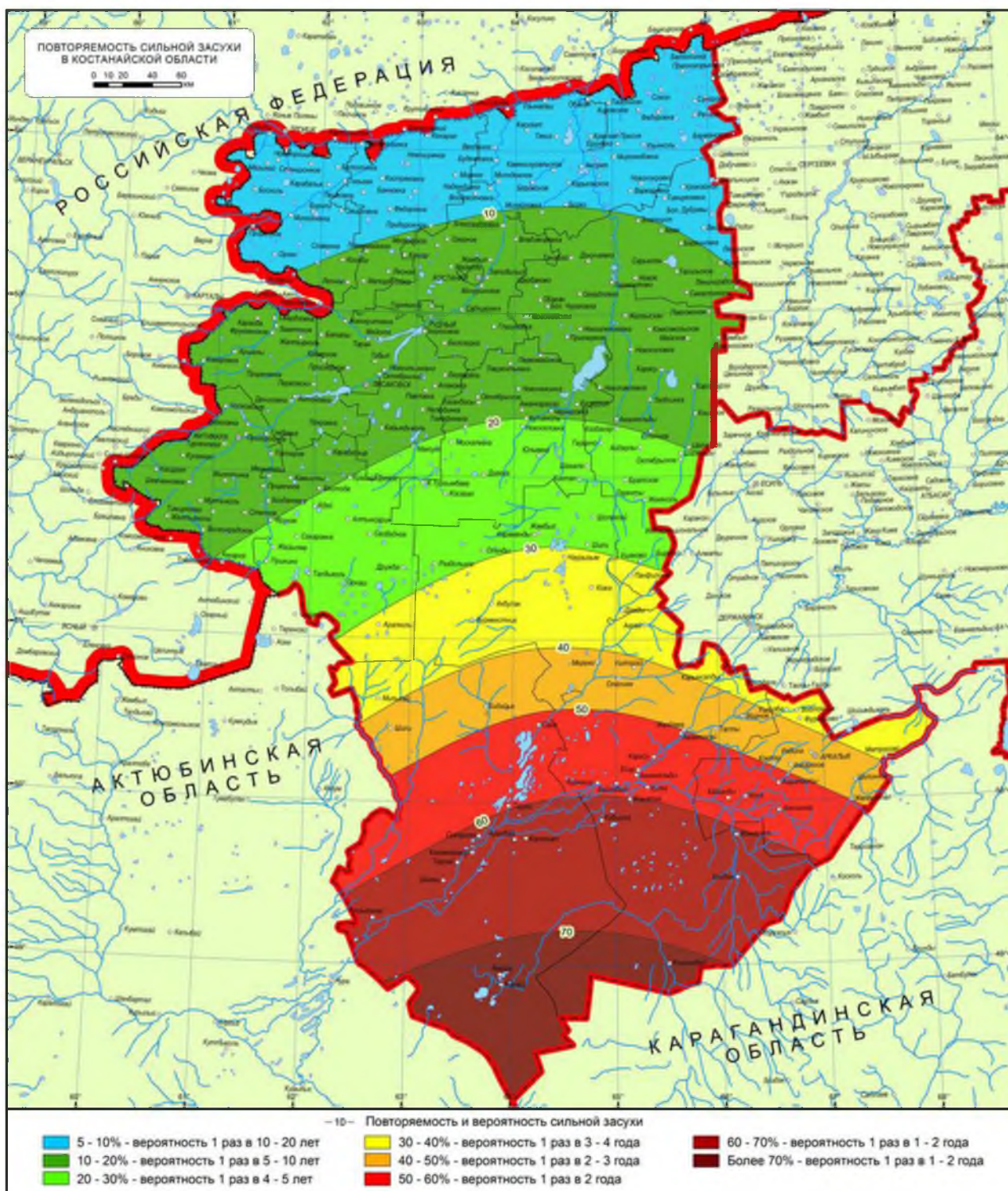


Рисунок 4.2 – Повторяемость сильной засухи

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. В Костанайской области суховеи наблюдаются в теплый период года, с мая по сентябрь месяцы. Годовое количество суховейных дней колеблется от 42 дней на севере до 103 дня на юге области. Из них суховеи умеренной интенсивности, оказывающее существенное отрицательное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных культур, составляет на севере области 3-10 дней, в центральной части – 10-20 дней, на юге – 20-40 дней. Интенсивный суховей, когда дефицит влажности воздуха превышает 40 мб, наблюдается крайне редко, 1-6 дней в году в южной половине области.

Таблица 4.3 – Годовое количество суховейных дней

НП (МС)	Количество суховейных дней		
	слабый	умеренный	интенсивный
Пресногорьковка	42	3	0
Карабалык	57	9	0
Михайловка	52	7	0
Сарыколь	43	3	0
Костанай	53	8	0
Рудный	63	11	0
Аршалы	63	12	0
Тобол	62	10	0
Карасу	53	7	0
Кусмурын	73	17	1
Житикара	60	8	0
Железнодорожное	78	23	1
Мырзаколь	74	18	1
Караменды	78	23	1
Аралколь	86	23	1
Аркалык	82	19	1
Аманкельды	103	41	6

На рисунке 4.3 представлено пространственное распределение по территории области среднемноголетнего количества дней в году с суховеями умеренной и сильной интенсивности. В преобладающей территории области в течение года суховейные дни растут от крайнего севера до крайнего юга территории области. Количество суховейных дней в среднем составляет на севере области 5 дней, в центральной части – 20 дней, на юге – более 60 дней.

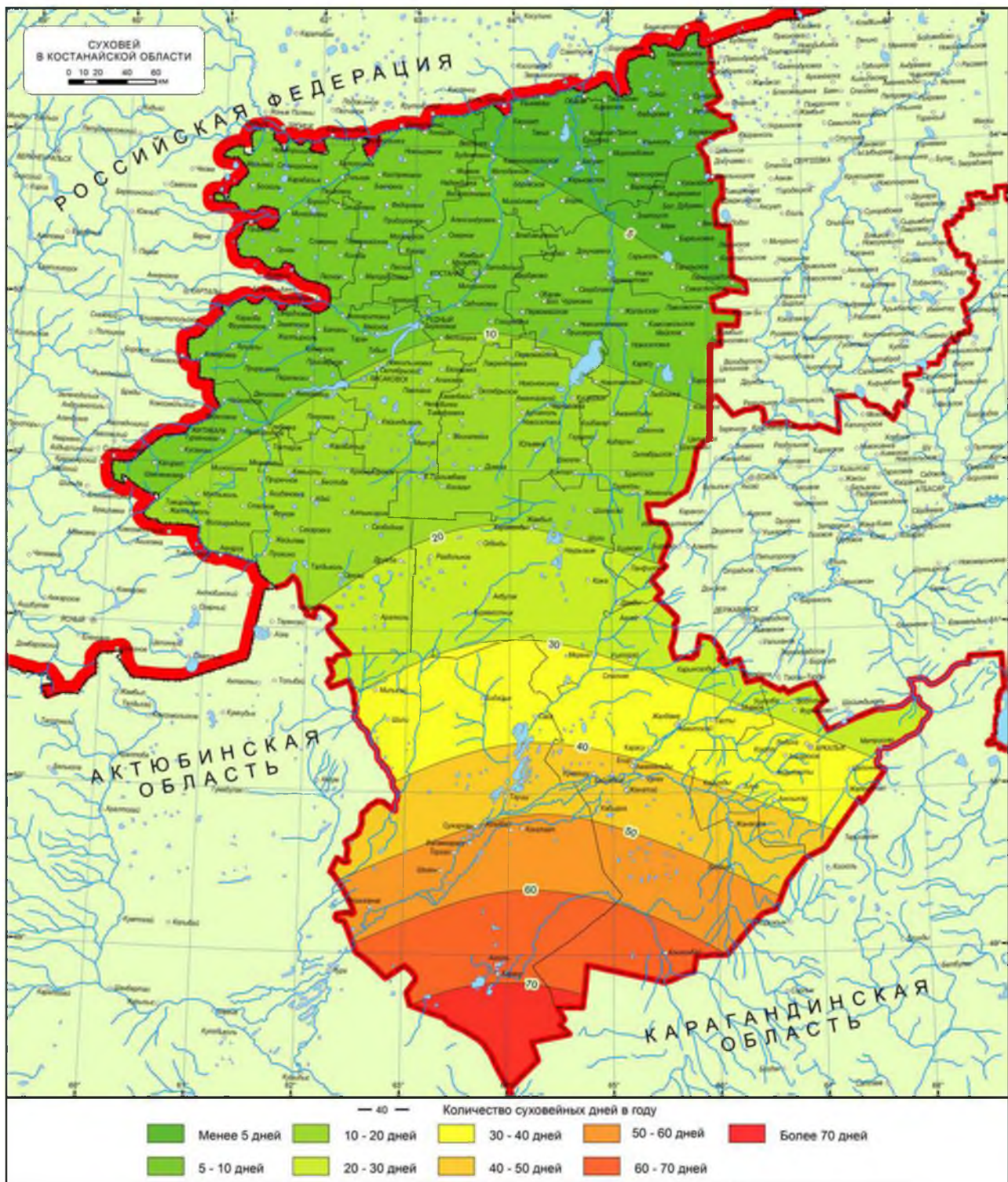


Рисунок 4.3 - Количество суховейных дней

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 Костанайской области весенние последние заморозки в воздухе в среднем наблюдаются на юге в конце апреля, на севере - в середине мая. В годы с поздней и затяжной весной заморозки прекращаются на юге в конце мая, на севере – в начале июня (таблица 4.4).

В среднем первые осенние заморозки в воздухе наблюдаются в период с 17 по 27 сентября. В годы с прохладной и ранней осенью первые заморозки наблюдаются в конце августа - в начале сентября.

В области продолжительность беззаморозкового периода колеблется от 125 (МС Аршалы) до 152 (МС Екидин) суток и в целом увеличивается с севера на юг.

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	
Пресногорьковка	14.05	26.04	07.06	22.09	31.08	19.10	131
Карабалык	13.05	17.04	13.06	19.09	27.08	08.10	129
Михайловка	12.05	14.04	07.06	21.09	23.08	19.10	132
Сарыколь	09.05	05.04	07.06	24.09	24.08	20.10	138
Костанай	06.05	09.04	04.06	26.09	03.09	20.10	143
Рудный	09.05	12.04	11.06	23.09	02.09	20.10	137
Аршалы	16.05	22.04	11.06	18.09	17.08	04.10	125
Тобол	09.05	09.04	04.06	23.09	02.09	07.10	137
Карасу	15.05	12.04	10.06	18.09	25.08	18.10	126
Кусмурын	07.05	05.04	07.06	23.09	01.09	20.10	139
Житикара	10.05	10.04	10.06	20.09	24.08	08.10	133
Железнодорожное	15.05	21.04	14.06	17.09	29.08	31.10	125
Мырзаколь	08.05	10.04	10.06	24.09	02.09	18.10	139
Аралколь	04.05	09.04	07.06	25.09	31.08	10.10	144
Аркалык	10.05	18.04	11.06	19.09	30.08	08.10	132
Аманкельды	29.04	01.04	29.05	26.09	30.08	14.10	150
Екидын	28.04	04.04	28.05	27.09	06.09	16.10	152

На рисунке 4.4 приведено распределение по территории области продолжительности беззаморозкового периода в воздухе. Она увеличивается с севера на юг области от 130 до 170 суток.

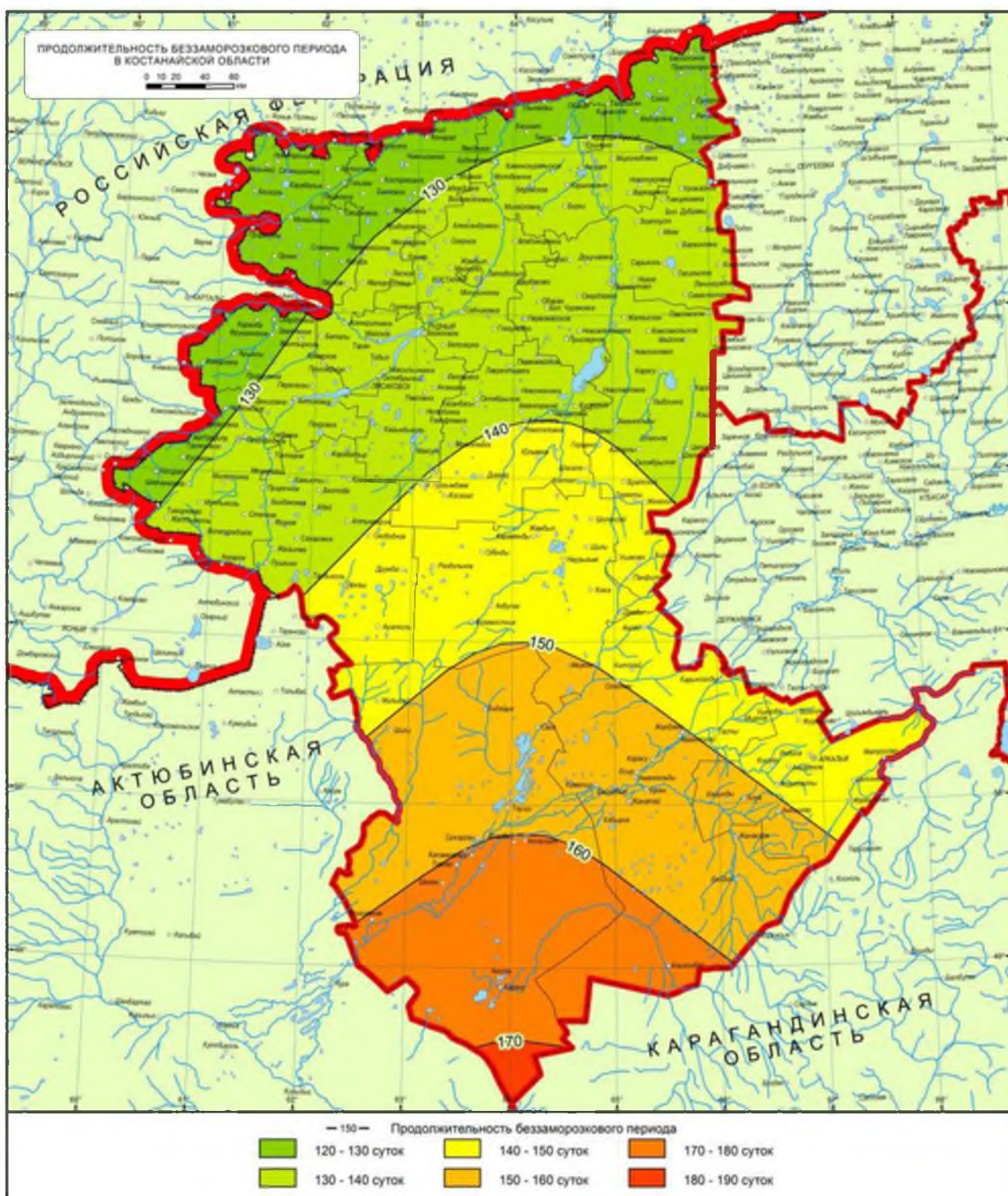


Рисунок 4.4 - Продолжительность беззаморозкового периода в воздухе

Последние весенние заморозки на почве наблюдаются на 2-15 дней позже, чем на воздухе. Первые заморозки отмечаются на большей части с 15 по 24 мая, на юге области последней декаде апреля и первой декаде мая. Поздней весной и прохладные годы заморозки могут продолжаться до 26 июня (МС Карасу).

Первые осенние заморозки на почве отмечаются раньше на 2-10 дней, чем на воздухе. На большей части в среднем первые осенние заморозки наблюдаются в сентябре, на самом юге области (МС Екидин) в начале октября. Ранней осенью заморозки могут наблюдаться во второй половине августа, на самом юге в начале сентября. Продолжительность суток беззаморозкового периода уменьшается с юга на север и в целом колеблется от 107 (МС Карасу) до 148 (МС Екидин) 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	
Пресногорьковка	23.05	30.04	12.06	15.09	27.08	19.10	115
Карабалык	18.05	29.04	07.06	13.09	29.08	04.10	118
Михайловка	20.05	29.04	07.06	15.09	31.08	19.10	119
Сарыколь	18.05	24.04	09.06	17.09	27.08	18.10	122
Костанай	15.05	26.04	07.06	16.09	27.08	08.10	124
Рудный	15.05	22.04	07.06	21.09	31.08	19.10	129
Аршалы	20.05	30.04	16.06	12.09	28.08	27.09	116
Тобол	08.05	29.04	07.06	13.09	29.08	04.10	118
Карасу	24.05	30.04	26.06	09.09	18.08	29.09	107
Кусмурын	19.05	29.04	07.06	14.09	04.08	06.10	118
Житикара	22.05	29.04	22.06	14.09	29.08	19.10	115
Железнодорожное	24.05	06.05	17.06	12.09	31.08	26.09	112
Мырзаколь	14.05	20.4	07.06	17.09	31.08	18.10	126
Аралколь	15.05	29.04	07.06	17.09	31.08	08.10	125
Аркалык	19.05	01.05	14.06	11.09	11.08	05.10	115
Аманкельды	09.05	14.04	07.06	21.09	02.09	10.10	135
Екидын	30.04	04.04	23.05	11.10	03.09	11.10	148

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 Костанайской области период грозы начинаются в апреле, и могут наблюдаться до ноября месяца. Годовое количество дней с грозой, на крайнем юге области составляет около 10 дней (МС Аркалык, Аманкельды, Торгай, Екидин). На остальной территории области (центр и север) годовое количество дней с грозой колеблется около 20 дней, и в районе Аршалы и Пресногорьковка доходит до 26 дней (таблица 4.6).

В годы с повышенной грозовой активностью, что обычно свойственно влажным годам, максимальное количество дней с грозой доходит на юге области до 24 дней (МС Аманкельды), в центральной части и на севере – до 40 дней (МС Пресногорьковка, Карасу). В годы с пониженной грозовой активностью, минимальное количество дней с грозой снижается на юге области до 1-3 дней (МС Аркалык, Аманкельды, Торгай, Екидин).

Таблица 4.6 – Годовое количество дней с грозой

НП (МС)	Среднее	Макс.	Мин.
Пресногорьковка	25	40	15
Карабалык	18	37	5
Михайловка	22	32	11
Сарыколь	19	28	12
Костанай	22	36	15
Рудный	24	37	11
Аршалы	26	38	17
Тобыл	22	34	9
Карасу	21	40	10
Кусмурын	22	37	10
Житикара	22	33	10
Железнодорожное	24	37	14
Мырзаколь	23	39	10
Аралколь	13	32	4
Аркалык	10	19	1
Аманкельды	10	24	1
Торгай	10	22	3
Екидин	11	22	1

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 Костанайской области, период с градом начинается в апреле и длится до ноября месяца. По всей территории области годовое количество дней с градом средним составляет около 1 дня, но в некоторые годы доходит до 1-5 дней (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Годовое количество дней с градом

НП (МС)	Среднее	Максимальное
Пресногорьковка	1,1	5
Карабалык	0,8	3
Михайловка	1,1	3
Сарыколь	0,6	3
Костанай	0,8	4
Рудный	1,1	5
Аршалы	0,8	4
Тобыл	0,5	3
Карасу	0,6	3
Кусмурын	0,6	5
Житикара	0,6	3
Железнодорожное	1,2	4
Мырзаколь	0,9	4
Аралколь	1,0	4
Аркалык	0,4	4
Аманкельды	0,7	3
Торгай	0,2	1
Екидин	0,1	1

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 Костанайской области пыльные бури могут наблюдаться в период с апреля по ноябрь месяц. Годовое количество дней с пыльной бурей, на территории области варьируется от 0,1 (МС Аралколь) до 6,5 дней, с наибольшим значением в районе МС Карабалык (таблица 4.8).

Максимальное количество дней с пыльными бурями колеблется от 1 дня (МС Аралколь) до 28 дней (МС Карабалык). Выделяется ареал с повышенной вероятностью пыльной бури в долине реки Торгай (МС Аманкельды и МС Торгай), где они наблюдаются в среднем 3-4 дня в год, а в некоторые годы - до 25 дней.

Таблица 4.8 – Годовое количество суток с пыльной бурей

НП (МС)	Среднее	Максимальное
Пресногорьковка	0,6	4
Карабалык	6,5	28
Михайловка	1,6	8
Сарыколь	0,6	9
Костанай	0,9	8
Рудный	0,7	3
Аршалы	0,4	4
Тобыл	1,2	4
Карасу	0,7	4
Кусмурын	1,6	10
Житикара	0,8	6
Железнодорожное	2,7	11
Мырзаколь	2,7	8
Аралколь	0,1	1
Аркалык	0,3	5
Аманкельды	4,2	21
Торгай	3,2	25
Екидин	0,9	6

4.7 Метели

Метели способствуют образованию заносов и ухудшению видимости, затрудняют движение транспорта, создают неблагоприятные условия для животноводства и для перезимовки озимых культур. В Костанайской области метели могут наблюдаться в период с октября по апрель месяц.

Годовое количество суток с метелями на территории Костанайской области варьирует от 6 (МС Костанай) до 35 суток (МС Аркалык) (таблица 4.9).

Наибольшее количество дней с метелью наблюдается в юго-восточной части области, в районе МС Аркалык, где в среднем составляет 35 суток. Также метели активно наблюдаются в районах МС Карасу, Железнодорожное и Мырзаколь, где их годовое количество составляет 27-30 суток. В этих районах в особо неблагоприятные годы метелевыми бывают более 50 суток, а в районе г. Аркалык доходят до 67 суток.

Метели меньше наблюдаются в районах п. Карабалык, г. Костанай и с. Торгай (5-9 суток). На остальной территории области в течение года метели отмечаются в среднем в 15-20 сутках. В теплые годы количество суток с метелью сокращаются до 2-15 суток.

Таблица 4.9 – Годовое количество суток с метелью

НП (МС)	Среднее	Макс.	Мин.
Пресногорьковка	12	28	2
Карабалык	9	19	2
Михайловка	16	29	7
Сарыколь	20	44	2
Костанай	6	14	1
Рудный	15	28	2
Аршалы	12	32	2
Тобыл	16	28	2
Карасу	30	52	5
Кусмурын	18	37	2
Житикара	19	36	3
Железнодорожное	27	66	3
Мырзаколь	29	65	5
Аралколь	11	23	2
Аркалык	35	67	12
Аманкельды	15	34	4
Торгай	8	29	1
Екидин	11	28	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. На юге области не возделываются зерновые культуры, но, тем не менее, для них тоже были проведены расчеты.

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

НП (МС)	Супесчаные почвы	Суглинистые почвы
Пресногорьковка	10.05	15.05
Карабалык	06.05	10.05
Михайловка	06.05	11.05
Сарыколь	07.05	12.05
Костанай	06.05	10.05
Рудный	06.05	10.05
Аршалы	05.05	11.05
Тобол	05.05	09.05
Карасу	08.05	13.05
Кусмурын	05.05	09.05
Житикара	05.05	10.05
Железнодорожное	07.05	12.05
Мырзаколь	05.05	09.05
Аралколь	04.05	08.05
Аркалык	01.05	05.05
Аманкельды	29.04	03.05
Торгай	27.04	01.05
Екидын	27.04	02.05

Весенние полевые работы и сев ранних зерновых культур на суглинистых почвах в среднем можно начинать на юге области с 1-5 мая, на севере области – с 10-15 мая. Сроки начала полевых работ на супесчаных почвах наступает на 4-5 суток раньше, т.е. на юге –

конец апреля, а на севере – 6-10 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 Костанайской области. Эти сроки приходятся в южной половине области на период 1-5 мая, в северной половине – на 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 обоим 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
Пресногорьковка	16.08	25.08
Карабалык	10.08	18.08
Михайловка	11.08	19.08
Сарыколь	11.08	19.08
Костанай	05.08	13.08
Рудный	05.08	12.08
Аршалы	09.08	17.08
Тобол	05.08	12.08
Карасу	10.08	17.08
Кусмурын	03.08	10.08
Житикара	05.08	12.08
Железнодорожное	05.08	10.08
Мырзаколь	02.08	08.08
Аралколь	31.07	05.08
Аркалык	01.08	07.08
Аманкельды	23.07	28.07
Торгай	18.07	22.07
Екидын	20.07	25.07

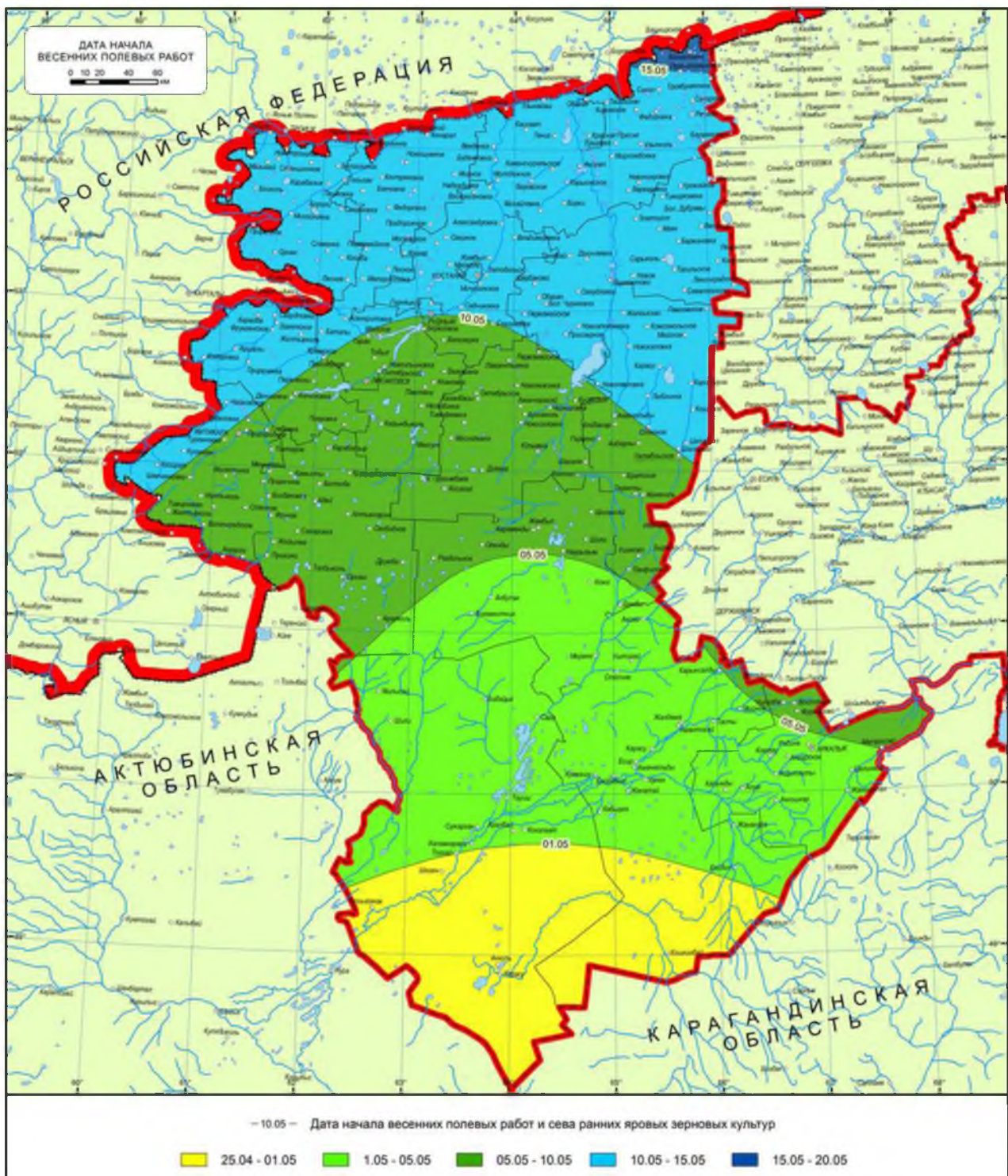


Рисунок 5.1 – Климатические сроки начала весенних полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур

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 18-23 июля, на севере области – 11-16 августа. В аномально засушливые или влажные годы возможны отклонения сроков восковой спелости в более ранние или поздние сроки.

Пространственное распределение климатических сроков наступления восковой спелости у ранних яровых зерновых культур по Костанайской области представлено на рисунке 5.2. На крайнем северо–востоке области в среднем восковая спелость наступает с 10 по 15 августа, в промежутке между ними в преобладающей части области наступает с 20 июля по 10 августа, а на юге с 15 по 20 июля.

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 высыхания 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%) потребуются 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 Костанайской области были рассчитаны на основе климатических данных по температуре и дефициту влажности воздуха.

В области, при средних климатических условиях, через 7-9 суток после восковой спелости, зерновые культуры полностью дозревают. Климатические сроки полной спелости в среднем наступает на юге области в конце июля, на севере – в конце 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 отклонения в ранние или поздние сроки.

Пространственное распределение климатических сроков наступления полной спелости у ранних яровых зерновых культур по Костанайской области представлено на рисунке 5.3. Ранние яровые зерновые созревают южной части области в период 20 июля – 7 августа, северной части области – с период с 7 по 25 августа. Соответственно эти же сроки считаются климатическими сроками начала уборки ранних яровых зерновых культур.

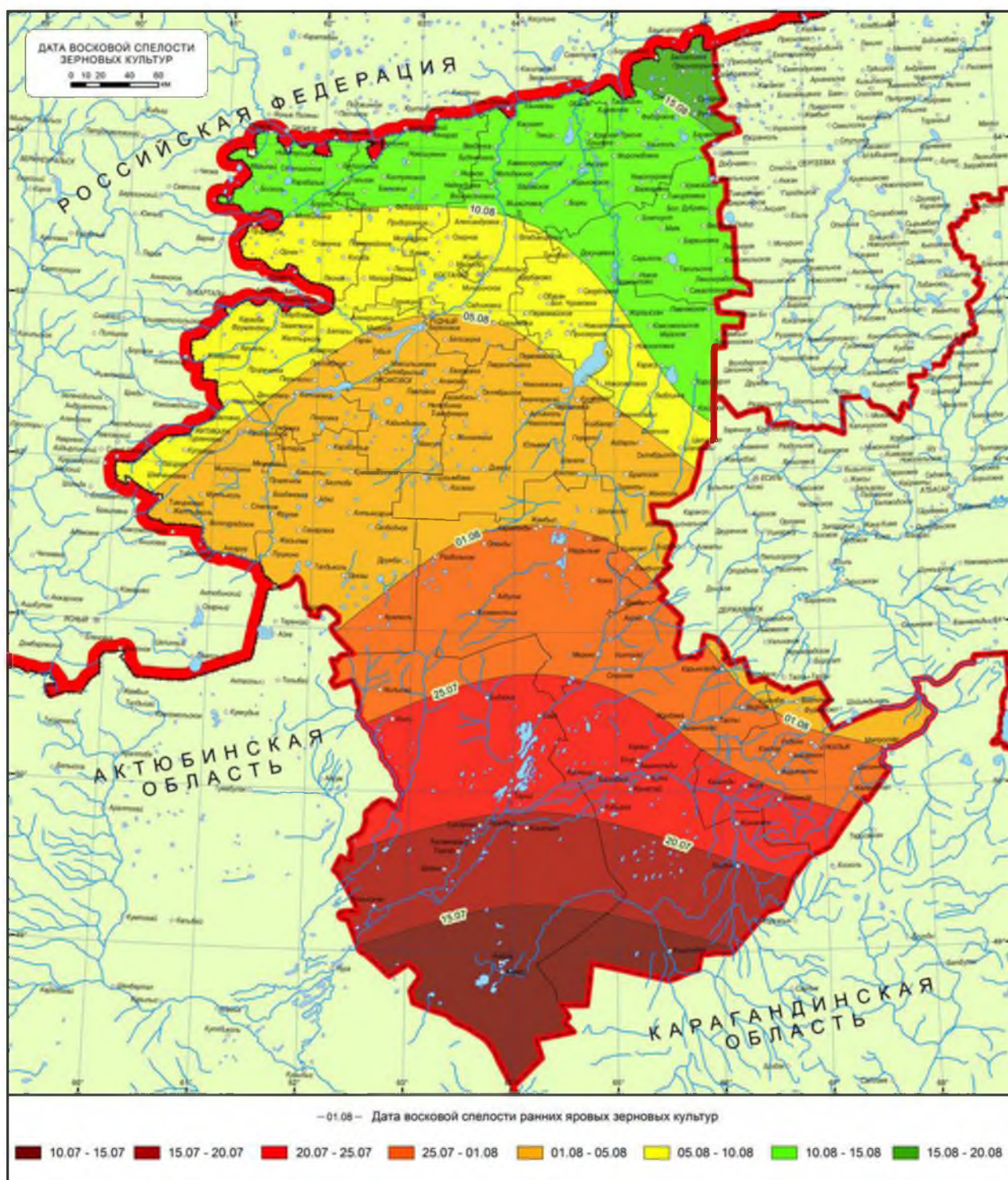


Рисунок 5.2 – Климатические сроки восковой спелости ранних яровых зерновых культур

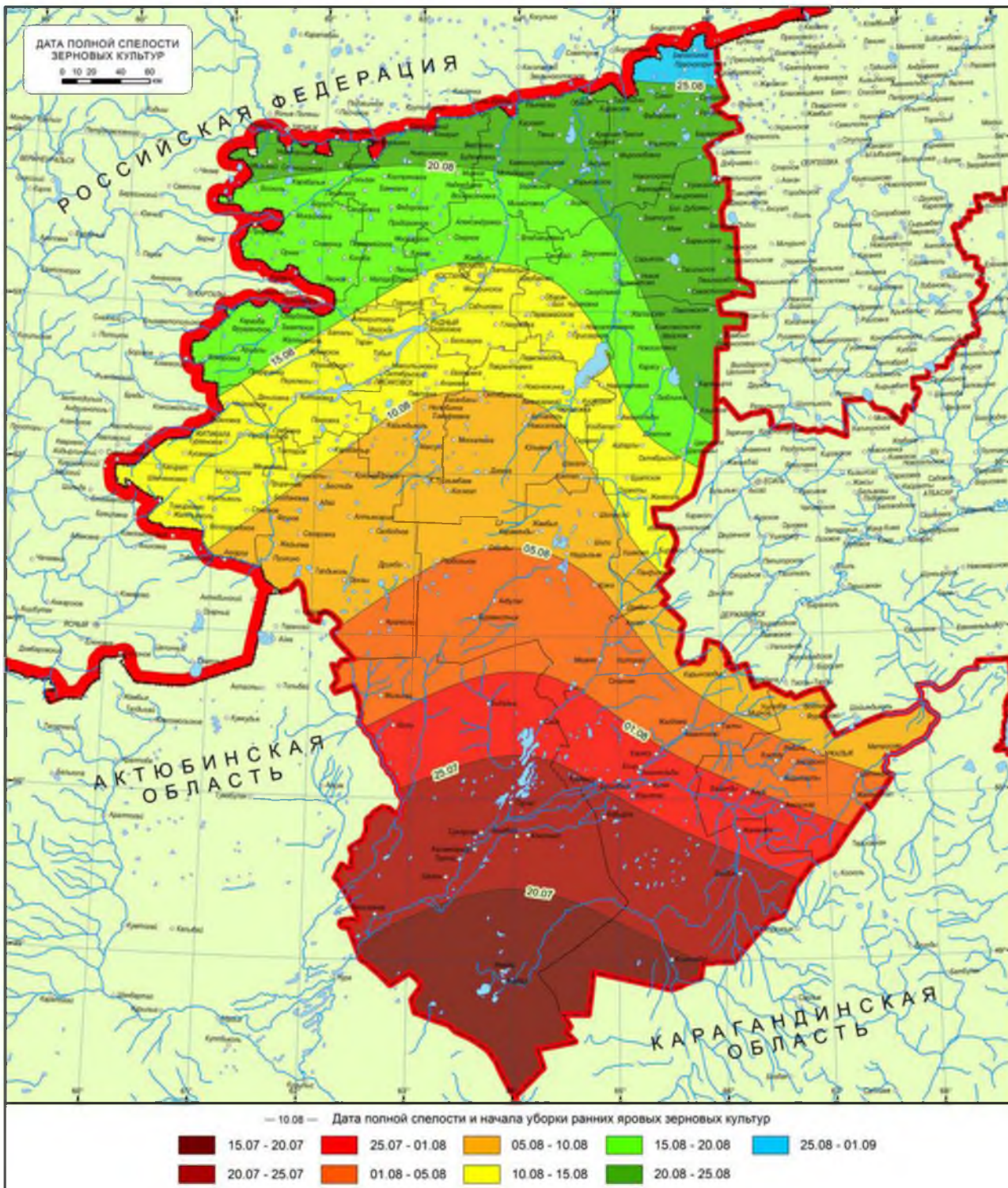


Рисунок 5.3 – Климатические сроки полной спелости и начала уборки ранних яровых зерновых культур

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 Костанайской 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 K . 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 K соответствующей 80%-ной обеспеченности.

Яровые культуры

На территории Костанайской области месячные суммы ФАР при средней облачности в вегетативно активный период (с мая по август) составляет 274–329 МДж/($\text{м}^2 \cdot \text{мес}$) на севере области, 314–358 МДж/($\text{м}^2 \cdot \text{мес}$) на юге области. С мая по август месяцы в среднем за месяц солнце сияет в течение 9,2–11,6 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 173–193 суток. Продолжительность вегетационного периода для поздних яровых культур растет с севера на юг от 137 до 162 суток, а для теплолюбивых культур – от 93 до 124 суток.

За весь вегетационный период (с температурой воздуха выше 5°C) на территории области накапливается $2303\text{--}3332^{\circ}\text{C}$ тепла. За период с температурой воздуха выше 10°C накапливается тепло $2303\text{--}3088^{\circ}\text{C}$. В северной части области на 90% обеспечено 2255°C тепла, в центральной части – 2350°C , на юге – около 2800°C тепла за период с температурой выше 10°C . Применительно к теплолюбивым культурам (при температуре выше 15°C) ресурсы тепла составляют $1702\text{--}2563^{\circ}\text{C}$.

За теплый период года в среднем выпадают 128–274 мм осадков, из них 76–195 мм выпадают в период активной вегетации сельскохозяйственных культур. На севере области за этот период на 90% обеспечено около 100 мм осадков, а на юге – в пределах 35–60 мм.

По территории области коэффициент увлажнения K составляет 0,43–0,98. Соответственно влагообеспеченность вегетационного периода оценивается в северной части области как «достаточная, но не устойчивая», в центральной части – как «недостаточная», а на юге – как «умеренный дефицит влаги».

Период активной вегетации растений (май–август) климатически является в северной части области «не засушливым» и «слабо засушливым», в центральной части области – «умеренно засушливым», а в южной части – «сильно засушливым».

БКП более 45 ц/га соответствуют северной и северо-западной окраине области (МС Пресногорьковка, Карабалык, Аршалы). Территория западнее и севернее от г. Костанай имеет БКП в пределах 40–45 ц/га. В центральной части области БКП составляет от 30 до 40 ц/га, а южная половина области характеризуется БКП менее 30 ц/га. Наименьшие значения

БКП менее 25 ц/га свойственны крайнему югу сухостепной зоны области (МС Аманкельды и МС Екидын).

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 - в начале мая. Климатические сроки завершения сева ранних яровых зерновых культур приходится на 2-15 мая.

Вегетационный период (от климатической даты сева) на 90% обеспечено теплом 1976–2818°C.

На севере области вегетационный период на 80% обеспечено коэффициентом увлажнения (K) 0,60–0,69, что характеризует «недостаточную влагообеспеченность». Влагообеспеченность центральной части области характеризуется как «умеренный дефицит влаги» (0,45–0,57), а на крайнем юге – «Дефицит влаги» (0,31). Надо отметить, что сухое земледелие, т.е. земледелие без орошения, возможно при $K > 0,40$. Соответственно на крайнем юге области невозможно возделывание сельскохозяйственных культур без орошения.

В среднем весенние последние заморозки в воздухе отмечаются на юге области в конце апреля, в центральной части и северной части области – в первой половине мая. Беззаморозковый период составляет 125–152 суток. Осенью первые заморозки проявляются в среднем во второй половине сентября (таблица 6.1).

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
Пресногорьковка	06.05	15.05	1976	0,69	14.05	22.09	131
Карабалык	03.05	10.05	2144	0,67	13.05	19.09	129
Михайловка	04.05	11.05	2110	0,60	12.05	21.09	132
Сарыколь	04.05	12.05	2159	0,73	09.05	24.09	138
Костанай	02.05	08.05	2313	0,60	06.05	26.09	143
Рудный	02.05	10.05	2249	0,60	09.05	23.09	137
Аршалы	04.05	11.05	2112	0,65	16.05	18.09	125
Тобыл	02.05	09.05	2220	0,57	09.05	23.09	137
Карасу	03.05	13.05	2149	0,57	15.05	18.09	126
Кусмурын	02.05	09.05	2356	0,52	07.05	23.09	139
Житикара	02.05	10.05	2205	0,56	10.05	20.09	133
Железнодорожное	03.05	12.05	2170	0,51	15.05	17.09	125
Мырзаколь	01.05	09.05	2324	0,51	08.05	24.09	139
Аралколь	30.04	08.05	2423	0,45	04.05	25.09	144
Аркалык	30.04	08.05	2302	0,45	10.05	19.09	132
Аманкельды	25.04	03.05	2688	0,31	29.04	26.09	150
Екидын	23.04	02.05	2818	0,30	28.04	27.09	152

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

- 1) Север Узынкольского района. Здесь агроклиматические условия позволяют возделывать из зерновых культур яровую пшеницу (мягкие сорта), ячмень, овес и просо, из зернобобовых культур – горох, чечевицу, чину, нут, бобы, раннеспелые и среднеспелые сорта люпина. Климатические условия также позволяют возделывать лён, раннеспелые сорта подсолнечника, раннеспелые сорта рапса, картофель и капусту. В этой зоне не рекомендуется возделывать культуры не устойчивые к заморозкам. Например, здесь тепла и влаги достаточны для роста и развития гречихи, фасоль, огурцов и томат. Однако высока вероятность повреждения их поздневесенними и раннеосенними заморозками;
- 2) Узынкольский (центр, юг), Мендыкаринский, Федоровский, Карабалыкский, Сарыкольский, Алтынсаринский, Костанайский (север), Костанай г.а., Денисовский (северо–запад) и Карасуский (северо–восток) 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 также сохраняется опасность повреждения заморозками сельскохозяйственных культур, не устойчивых к заморозкам, таких как гречиха, фасоль, огурцы и томаты;
- 3) Костанайский (юг), Денисовский (юго–восток), Карасуский (юго–запад), Рудный г.а., Аулиекольский, Тарановский, Лисаковск г.а., Житикаринский, Камыстынский и Наурызымский (север) районы. В этих районах агроклиматические условия позволяют возделывать, кроме культур второй зоны, раннеспелых сортов кукурузы, раннеспелых сортов сои, позднеспелых сортов подсолнечника и среднеспелых сортов сахарной свеклы;
- 4) Наурызымский (юг), Жанкельдынский (северная окраина) и Аманкельдинский (север) районы, а также северо–восточная часть Аркалыкской г.а. Здесь агроклиматические условия позволяют возделывать, кроме культур третьей зоны, среднеспелых сортов кукурузы, раннеспелых сортов сорго, среднеспелых сортов сои и позднеспелых сортов сахарной свеклы. Однако примерно по середине этой зоны проходит линия южной границы сухого земледелия. Южнее этой линии (Жанкельдынский, Аманкельдинский, Аркалыкский г.а.) затруднено возделывание сельскохозяйственных культур без орошения. Здесь вегетационный период климатически является сильно засушливым;
- 5) Жанкельдынский (центр, юг) и Аманкельдинский (юг) районы, а также на юго–западе Аркалыкской г.а. климат является сильно засушливым и атмосферные условия увлажнения не достаточны для возделывания сельскохозяйственных культур. Надо отметить, что здесь и почвы являются в основном не пригодными для земледелия. Это бурые пустынные почвы, солонцы и пески.

В таблицах 6.3–6.5 обобщенно по административным районам Костанайской области приведено агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур, с учетом их сортов по скороспелости (нр–наиболее раннеспелые, р–раннеспелые, с–среднеспелые, сп–среднепоздние, п–позднеспелые).

Таблица 6.2 – Агроклиматическое районирование основных сельскохозяйственных культур

Район	Зерновые культуры	Зернобобовые культуры	Масличные и технические культуры	Овощные культуры
Узынкольский (север)	Пшеница (м) Ячмень Овес Просо	Горох Чечевица Чина Нут Бобы Люпин–р Люпин–с	Лён Подсолнечник–р Рапс–р	Картофель Капуста
Узынкольский (центр, юг) Мендыкаринский Федоровский Карабалыкский Сарыкольский Алтынсаринский Костанайский (север) Костанай г.а. Денисовский (северо–запад) Карасуский (северо–восток)	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*
Костанайский (юг) Денисовский (юго–восток) Карасуский (юго–запад) Рудный г.а. Аулиекольский Тарановский Лисаковск г.а. Житикаринский Камыстынский Наурызымский (север)	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
Наурызымский (юг) Жанкельдынский (северная окраина) Аманкельдинский (север) Аркалык г.а. (северо–восток)	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
Жанкельдынский (центр, юг) Аманкельдинский (юг); Аркалык г.а. (юго–запад)	Условия увлажнения не достаточны для возделывания сельскохозяйственных культурных растений			

Примечание: * – есть вероятность повреждения заморозками

Таблица 6.3 – Агроклиматическое районирование зерновых культур по Костанайской области

Район	Пшеница-р	Пшеница-с	Пшеница-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	Озимая рожь	Озимая пшеница	Озимый ячмень	
Алтынсаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Аманкельдинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+						
Аркалык г.а.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+						
Аулиекольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Денисовский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Жанкельдынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			+						
Житикаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Камыстынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Карабалыкский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Карасуский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Костанайский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Мендыкаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Наурызымский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Сарыкольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Тарановский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+										
Узынькольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											
Федоровский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+											

Таблица 6.4 – Агроклиматическое районирование зернобобовых культур по Костанайской 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-сп	Люпин-п	Соя-нр	Соя-р	Соя-с	Соя-сп	Соя-п	Бобы	
Алтынсаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аманкельдинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аркалык г.а.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аулиекольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Денисовский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Жанкельдынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Житикаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Камыстынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Карабалыкский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Карасуский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Костанайский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мендыкаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Наурызымский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сарыкольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тарановский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Узынькольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Федоровский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 6.5 – Агроклиматическое районирование масличных, технических и овощных культур по Костанайской 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
Алтынсаринский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аманкельдинский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аркалык г.а.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Аулиекольский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Денисовский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Жанкельдынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Житикаринский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Камыстынский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Карабалыкский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Карасуский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Костанайский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Мендыкаринский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Наурызымский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Сарыкольский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Тарановский	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Узынкольский	+	+	+			+					+	+	+	+	+	+						
Федоровский	+	+	+	+		+	+	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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

Территория области делится на 5 зон. В первой зоне можно возделывать культур, которым для прохождения всей вегетации необходимо тепло до 2000°C, во второй зоне – до 2200°C, в третьей – до 2400°C, в четвертой зоне – до 2600°C, в пятой – до 2800°C.

В первую зону входит север Узынкольского района, во вторую зону – северо-запад, север и северо-восток области. Третья зона занимает территорию севернее от середины области, а четвертая зона – территорию южнее от середины области. В пятую зону входит южная часть области.

В первой зоне агроклиматические условия удовлетворяют требования культур с 1 по 4 группы, во второй зоне – с 1 по 5 группы, в третьей – с 1 по 6 группы, в четвертой зоне – с 1 по 7 группы. Однако примерно посередине четвертой зоны проходит южная граница сухого земледелия, ниже которой земледелие невозможно без орошения. В пятой зоне климат является сильно засушливым и агроклиматические условия не позволяют возделывать сельскохозяйственных культур без орошения. Надо отметить, что в пятой зоне почвенный покров имеет низкое плодородие и в основном не пригоден для земледелия. Принадлежность культур к группам приведена в таблицах 1.14–1.17 в подразделе 1.7.

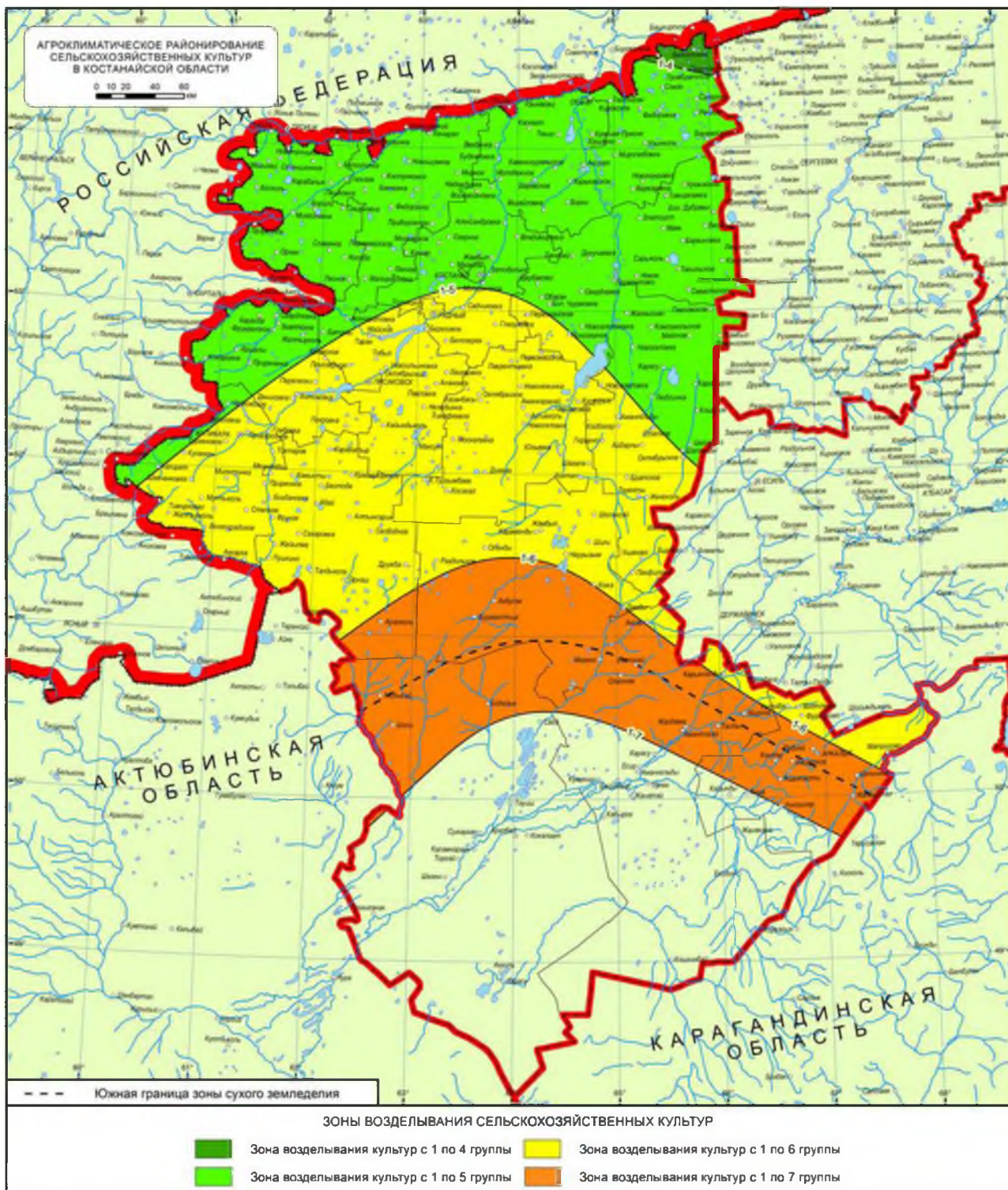


Рисунок 6.1 – Агроклиматическое районирование сельскохозяйственных культур

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 условия холодного периода для перезимовки озимых культур необходимо изучить температурные условия приземного слоя воздуха и верхнего слоя почвенного покрова.

В связи с ограниченностью данных по температуре почвы на глубине узла кушения, 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 закалки 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 кушения).

В земледельческой территории области (северная и центральная части) средняя минимальная температура воздуха февраля колеблется от минус 19,4°C до минус 21,6°C (таблица 6.6). 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	январь	февраль
Пресногорьковка	-21,6	-45,1	33	1,7	1,0	0,7
Карабалык	-20,5	-44,9	29	1,7	1,1	0,9
Михайловка	-20,3	-44,1	19	2,7	1,7	1,2
Сарыколь	-20,1	-42,7	27	1,6	1,1	0,9
Костанай	-20,2	-43,1	21	2,2	1,4	1,2
Рудный	-21,0	-43,5	17	3,2	1,9	1,3
Аршалы	-20,5	-43,2	22	2,3	1,4	1,1
Тобыл	-20,3	-42,2	25	1,7	1,2	1,0
Карасу	-20,8	-43,9	23	2,3	1,4	1,0
Кусмурын	-21,6	-44,3	13	3,2	2,4	2,0
Житикара	-19,6	-41,2	17	2,4	1,6	1,5
Железнодорожное	-21,0	-46,9	23	1,9	1,4	1,2
Мырзаколь	-20,5	-40,8	19	2,3	1,7	1,3
Аралколь	-20,3	-40,3	24	2,1	1,3	0,9
Аркалык	-19,4	-41,5	22	2,2	1,5	1,0
Аманкельды	-20,5	-42,1	22	2,7	1,4	1,0
Екидын	-19,0	-42,6	12	3,6	2,6	2,2

В земледельческой территории области абсолютная минимальная температура воздуха составляет минус 40,3 – минус 46,9°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. Только на севере области высота снежного покрова превышает критическую высоту, что дает возможность перезимовки озимой ржи без значимых повреждений.

Также показатель суровости зимы для озимых культур (K_c) показал, что из 17 МС области на 14 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 Костанайской области климатические условия зимы не позволяют возделывать на системной основе озимых зерновых культур. Только на севере области, где формируется достаточная высота снежного покрова, возможно возделывание озимой ржи, с определенным риском. При этом с целью утепления посевов обязательно нужно проводить снегозадержание, особенно в первую половину зимы, когда накопление снежного покрова значительно отстает от понижения температуры воздуха. Надо отметить, что частые сильные ветры обуславливают сдувание снега с равнинных и возвышенных участков, особенно в начале 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 - $10-15^{\circ}\text{C}$, 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 $5-10^{\circ}\text{C}$ 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 $550-600^{\circ}\text{C}$, 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 $550-600^{\circ}\text{C}$. 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.

Таблица 6.7 – Оптимальные сроки сева озимых зерновых культур

НП (МС)	Дата
Пресногорьковка	16–20.08
Карабалык	18–22.08
Михайловка	18–22.08
Сарыколь	19–23.08
Костанай	20–24.08
Рудный	21–25.08
Аршалы	19–23.08
Тобол	21–25.08
Карасу	20–24.08
Кусмурын	22–26.08
Житикара	21–25.08
Железнодорожное	21–25.08
Мырзаколь	23–27.08
Аралколь	24–28.08

В случае возделывания озимой ржи в Костанайской области, при средних климатических условиях посев необходимо произвести на крайнем северо-востоке области в период с 16 по 20 августа, на севере – с 19 по 23 августа, а в центральной части – с 23 по 27 августа.

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

7. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

При анализе современного состояния почвенного покрова территории Северо-Казахстанской области использовались опубликованные и фондовые материалы Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами РГП «Научно-производственный центр земельного кадастра» (НПЦзем) МНЭ РК, акимата Костанайской области, ТОО «КазНИИ почвоведения и агрохимии имени У.У. Успанова» МСХ РК, ТОО «Институт географии» МЭ РК и др. [64–73].

7.1 Типы почв

Почвенный покров Костанайской области подчинен общим закономерностям природной широтной зональности. Постепенное изменение биоклиматических факторов с севера на юг предопределило формирование на территории трех широтных почвенных зон и четырех подзон [66–70].

Горизонтальные зоны обычных равнин:

1. Степная зона с 3-мя подзонами:

– умеренно-увлажненная степь на черноземах обыкновенных и сопутствующих им почвах;

– умеренно-засушливая степь на черноземах южных и сопутствующих им почвах;

– сухая степь на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые) и сопутствующих им почвах;

2. Пустынно-степная (полупустынная) зона на светло-каштановых и сопутствующих им почвах, по Л.С. Бергу [72].

3. Пустынная зона (холодных евроазиатских пустынь), местами остепненных пустынь на бурых и сопутствующих им почвах.

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 [66, 67].

Территория Костанайской области представлена рядом зональных почвенных типов, подтипов и родов почв, распространение которых показано на карте «Почвы Костанайской области» (рисунок 7.1):

1) *Тип: черноземы.*

Подтип: черноземы обыкновенные. Род: черноземы обыкновенные карбонатные; черноземы обыкновенные солонцеватые.

Подтип: черноземы южные. Род: черноземы южные карбонатные; черноземы южные солонцеватые; черноземы южные фосфоритные.

2) *Тип, подтип: лугово-черноземные.*

3) *Тип: каштановые.*

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

Подтип: средне-каштановые. Род: средне-каштановые малогумусные; средне-каштановые карбонатные, местами остаточнокарбонатные; средне-каштановые солонцеватые, средне-каштановые малоразвитые, средне-каштановые неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые.

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

4) *Тип, подтип: лугово-каштановые.*

5) *Тип: бурые. Подтип: бурые пустынные. Род: бурые пустынные солонцеватые.*

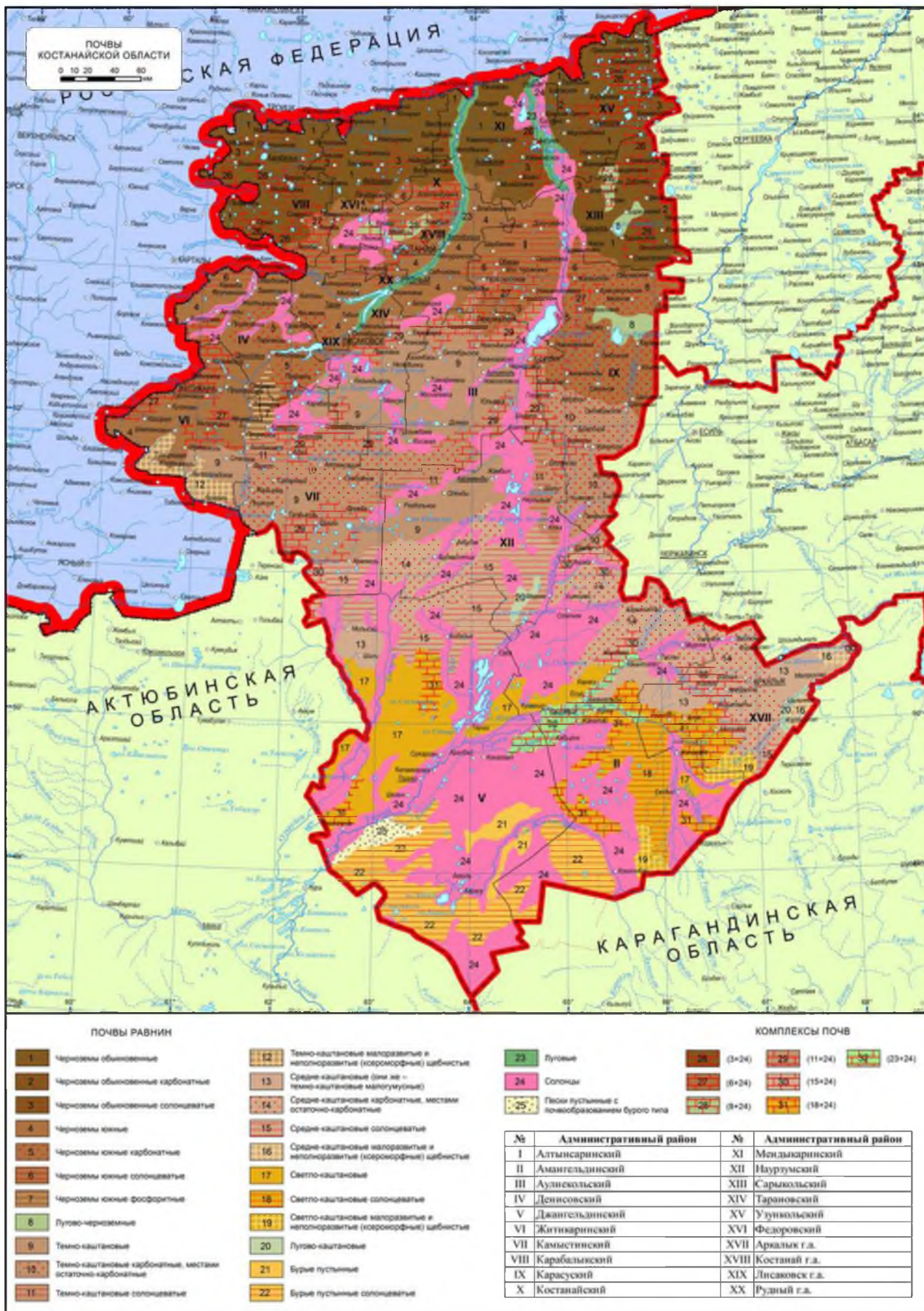


Рисунок 7.1 – Почвы Костанайской области

Кроме зональных почв в области широко распространены интразональные почвы: луговые, солонцы и пески - пустынные с почвообразованием бурого типа. 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 Костанайской области также характерна высокая комплексность почвенного покрова, особенно широко распространены комплексы зональных солонцеватых почв с солонцами.

Характеристика состояния почв:

Черноземы обыкновенные занимают северную меньшую (45%) часть подзон черноземов степной зоны области, типичными среди которых являются черноземы обыкновенные среднегумусные тяжело- и среднесуглинистого механического состава. Развиваются в условиях умеренно-увлажненной степи. Они широко распространены на территориях Карабалыкского, Федоровского, Мендыкаринского и Узынкольского районов. Мощность гумусового горизонта почвы составляет в среднем - 60-80 см, в том числе перегнойно-аккумулятивный - 15-25 см. Содержание гумуса (азота) сверху достигает на целине 7,5-8,0% (0,4-0,5%), на старопахне снижается соответственно до 6,2% (0,3-0,4%). Бедны фосфором, валовое содержание их в почве около 0,1%. Глубина проявления карбонатности составляет 35-40 см, гипс обнаруживается с глубины 140-160 см. Количество обменного натрия по профилю не превышает 1%, что указывает на отсутствие солонцеватости.

Черноземы обыкновенные карбонатные характерны для плоских возвышенных равнин восточной части подзоны черноземов обыкновенных, генезис которых связан с карбонатными тяжелыми суглинками и глинами. На территории области почвы развиты в основном в западной части Узынкольского и в юго-восточной части Сарыкольского районов. Отличаются высоким содержанием карбонатов в верхнем горизонте. Мощность гумусового горизонта составляет 40-80 см. Содержание гумуса - 6-8%, азота 0,4-0,7%. Почвы содержат во всех своих горизонтах углесоли кальция, верхний горизонт бурно вскипает от соляной кислоты, в нижней части профиля содержатся легкорастворимые соли.

Черноземы обыкновенные солонцеватые на территории области располагаются на слабодренированных с близким залеганием подстилающих засоленных пород участках водоразделов Тобыл-Обаган и Обаган-Есиль. Эти почвы широко представлены в западной, центральной и восточной части территории Карабалыкского, Федоровского, юго-восточной части Мендыкаринского, восточной части Узынкольского, северо-западной и северо-восточной части Сарыкольского, северной части Костанайского районов. Характерной чертой для почв является наличие соленосного горизонта в нижней части профиля. Засоление носит главным образом сульфатный характер. Скопление гипса обнаруживается на глубине 80-120 см. Мощность гумусового горизонта составляет 40-70 см. Содержание гумуса - 7-9%, азота - 0,3-0,5%, но количество их резко уменьшается с глубиной. Количество подвижных форм фосфора и калия довольно высокое (20-40 м/экв на 100 г почвы).

В подзоне черноземов обыкновенных значительное распространение получили комплексы *черноземов обыкновенных солонцеватых с солонцами*. Почвы сформированы преимущественно вблизи рек и озер на территориях Карабалыкского, Мендыкаринского, Узынкольского, Сарыкольского районов.

Черноземы южные занимают большую (55%) часть подзон черноземов степной зоны области. Центральная часть подзоны находится на южной окраине Западно-Сибирской низменности, западная - в Зауральском плато и восточная - на Убаган-Есильском водоразделе. Почвы приурочены к приподнятым поверхностям и простираются в пределах области с запада на восток, поднимаясь в центральной части широкой полосой к северу. *Черноземы южные нормальные* распространены на территориях Федоровского, Костанайского, Денисовского, Тарановского и Житикаринского районов, а также Костанайской, Лисаковской и Рудненской городских агломерациях. Мощность гумусового

горизонта почв составляет от 35-40 до 55-60 см, в том числе перегнойно-аккумулятивный – 15-20 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 распространены на территории большей части Карасуского, центральной и юго-восточной части Денисовского, западной части Тарановского и южной части Алтынсаринского районов. Карбонатность *черноземов южных карбонатных* обнаруживается с поверхности или с глубины 28-30 см, гипс - в пределах 100-120 см. Содержание гумуса в верхнем горизонте колеблется в пределах 4-6%, азота 0,3-0,4% с резким убыванием с глубиной. Содержание воднорастворимых солей в гумусовом горизонте не более 0,1% по плотному остатку, наибольшее их количество (до 2%) обнаруживается в гипсовом горизонте.

Черноземы южные солонцеватые приурочены к низменным равнинам, сложенные соленосными третичными глинами или тяжелыми суглинками. Почвы занимают территории северо-западной части Денисовского, южной части Карабалыкского, южной и восточной части Федоровского, западной части Костанайского, северной, западной и восточной части Алтынсаринского, северо-западной и северо-восточной части Карасуского районов. Мощность гумусового горизонта составляет 30-65 см. Гумуса в верхнем горизонте почв содержится около 4% и резко убывает вглубь профиля, количество валового азота достигает 0,2-0,4%. В составе поглощенных оснований принимает участие и натрий, подтверждающий солонцеватость почв. Горизонт скопления солей зачастую находится на глубине 70-90 см. Тип засоления в основном сульфатный. Черноземы южные солонцеватые на территории области распространены отдельными массивами или в комплексе с солонцами. *Комплексы почв черноземов южных солонцеватых с солонцами* развиты на территориях юго-восточной части Карабалыкского, северо-восточной части Костанайского, юго-западной части Алтынсаринского и северо-западной части Карасуского районов. *Черноземы южные фосфоритные* незначительными массивами встречаются на территории юго-западной части Денисовского, восточной части Житикаринского, северо-западной части Камыстынского районов.

Лугово-черноземные почвы распространены как в подзоне обыкновенных, так и южных черноземов в понижениях водоразделов, долин рек, крупных озерных котловин Сарыколь, Койбагар, расположенных на территориях Сарыкольского, Карасуского районов. Морфологическими особенностями этих почв является более темная окраска гумусовых горизонтов, наличие ржавых пятен и сизых пятен в нижних горизонтах. Мощность гумусового горизонта почвы в среднем 60 - 80 см. 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%. Наиболее широкое распространение *комплексы лугово-черноземных почв с солонцами* получили на территориях восточной части Федоровского, западной части Костанайского и северной части Сарыкольского районов.

Темно-каштановые почвы развиваются в условиях сухих степей степной зоны. На территории области они простираются по плоским повышенным участкам от южных окраин Западно-Сибирской низменности до северных окраин Торгайского плато. Темно-каштановые нормальные почвы широко распространены на территориях юго-восточной части Житикаринского, западной части Камыстынского, южной и восточной части Тарановского административных районов. Мощность гумусового горизонта 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 почв является повышенная опесчаненность профиля. Легкорастворимые соли присутствуют на глубине 130-150 см, то есть профиль данных почв практически не засолен.

Темно-каштановые карбонатные, местами остаточнокарбонатные почвы приурочены к приподнятым выровненным слабодренированным равнинам и широким

речным долинам, сложенными карбонатными тяжелыми суглинками и глинами. Значительное распространение почвы получили на территориях центральной части Камыстынского, южной части Карасуского, восточной части Наурызымского районов. Мощность гумусового горизонта составляет 30-50 см. Водорастворимые соли, представленные в основном сульфатами, отмечаются глубже 80-100 см. Содержание гумуса в пахотном слое темнокаштановых карбонатных почвах составляет 3,0-4,0%, азота 0,20-0,25%.

Темно-каштановые солонцеватые формируются по выположенным участкам водораздельных поверхностей, верхним террасам рек, часто встречаются в комплексе с солонцами. Широко распространены на территориях западной части Камыстынского, северо-западной и северо-восточной части Наурызымского районов. Характерной особенностью почв является относительно близкое к поверхности залегание выделений растворимых солей. С глубины 90-110 см в почвах обнаруживаются гипс и легкорастворимые соли. 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%. В слабодренированных ложбинах стока (Сыпсынагашской) и крупных озерных депрессиях (Тентексор, Карасор и др.) на засоленных палеоген-неогеновых глинах сформировались *комплексы темно-каштановых солонцеватых почв с солонцами*. Почвы развиты в основном на территориях Камыстынского, Аулиекольского районов.

Темно-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые почвы формируются в условиях расчлененного рельефа на отрогах Зауральского плато. Распространены в юго-западной и южной части территории Житикаринского района. Почвенный профиль укороченный, гумуса в верхнем горизонте содержится 2,3-3,8%.

Средне-каштановые (они же - темно-каштановые малогумусные) приурочены к возвышенным равнинам территории северо-западной части Жанкельдынского района, западной и северо-восточной части Аркалыкской городской администрации. Мощность гумусового горизонта составляет 35-45 см, а содержание гумуса в них не превышает 2,5-3,5%. В соответствии с малой гумусностью находится и емкость поглощения почв, не превышающая 15-25 мг/экв. В составе обменных оснований преобладает кальций - 80-90%, магния содержится 15-25%, натрия не более 1-3%. Растворимые соли обнаруживаются на глубине 100-120 см и выше.

Средне-каштановые карбонатные, местами остаточнокарбонатные почвы распространены, главным образом, по обширным водораздельным поверхностям восточной части территории Костанайской области. Почвы широко представлены на территориях северной, северо-восточной части Аманкельдинского района и северо-западной части Аркалыкской городской администрации.

Средне-каштановые солонцеватые почвы на территории области получили значительное распространение на террасах озер, в долинах рек и по межсопочным понижениям отдельными массивами или в комплексе с солонцами. Отдельные массивы почв развиты в южных частях территории Камыстынского, Наурызымского, западной и северо-восточной части Жанкельдынского районов и восточной части Аркалыкской городской администрации. *Комплексы средне-каштановых солонцеватых почв с солонцами* представлены на территориях юго-западной части Камыстынского, северо-восточной и центральной части Аманкельдинского административных районов, а также в западной и северо-восточной части территории Аркалыкской городской администрации.

Средне-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые получили развитие на хрящевато-щебенчатом элювии и делювии в пределах гор Кызбeltaу и отчасти Карагальтау. Распространены в северо-восточной и восточной части территории Аркалыкской городской администрации.

Пустынно-степная (полупустынная) зона на *светло-каштановых почвах* располагается в южной части области, северная граница проходит извилистой линией примерно по 50° 30' с.ш., с юга она ограничивается песчаными массивами Тосынкум и Аккум и долиной реки Улы-Жыланшык. Зона охватывает водоразделы Улькайяк-Торгай, Торгай-Улы-Жыланшык, на

востоке - мелкосопочный массив гор Арганаты. *Светло-каштановые нормальные почвы* распространены на территориях Жанкельдынского и Аманкельдынского районов. Мощность верхнего горизонта почв обычно 15-18 см. Содержание гумуса сверху чаще составляет 2-2,5 до 3%, азота 0,07-0,15%.

Светло-каштановые солонцеватые распространены в восточной и южной части территории Аманкельдынского района и в западной части территории Аркалыкской городской администрации. Сильнозасоленные материнские породы водораздела Торгай –Улы Жыланшык предопределяют широкое распространение *комплексов светло-каштановых солонцеватых почв с солонцами*. Почвы развиты преимущественно на территориях Жанкельдынского, Аманкельдынского районов и Аркалыкской городской администрации.

Светло-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые распространены в юго-восточной части Аманкельдынского района, а также на территории Аркалыкской городской администрации. Почвы приурочены к мелкосопочным территориям.

Лугово-каштановые залегают среди каштановых почв, но в понижениях рельефа (низкие равнины, надпойменные речные и озерные террасы), где получают дополнительное увлажнение водами поверхностного стока или от неглубоких (3-6 м) грунтовых вод, либо одновременно за счет влияния и поверхностных и грунтовых вод. Мощность гумусового горизонта почв составляет 60-80 см. Содержание гумуса изменяется от 4-6% в суглинистых разновидностях до 1,5-2% на супесчаных и песчаных почвах. Характеризуются также промытостью почвенного профиля от карбонатов и воднорастворимых солей на значительную глубину. Почвы распространены в юго-восточной части территории Нурзумского района и в восточной части территории Аркалыкской городской администрации.

Бурье пустынные почвы представлены на крайнем юге территории области в юго-восточной части Жанкельдынского района. Почвы приурочены к повышенным элементам рельефа равнин. Почвообразующими породами являются карбонатные и засоленные меловые, палеоген-неогеновые и четвертичные отложения различного литологического состава. Мощность гумусового горизонта бурых почв равна 25-35 см. Содержание гумуса сверху обычно равно 1-1,5 до 2%, азота – 0,05-0,1%. Почвы бедны азотом и фосфором. Емкость поглощения низкая 5-15 мг/экв на 100 г почвы. Реакция почвенного раствора щелочная и сильно щелочная - рН = 7,5-8,5.

Бурье пустынные солонцеватые распространены преимущественно на территориях южной части Жанкельдынского, юго-западной части Аманкельдынского районов. Аридность климата и геолого-геоморфологические особенности подзоны бурых предопределяют их повышенную засоленность.

Луговые почвы залегают в депрессиях рельефа с близкими (1,5-3 м) пресными или слабо минерализованными грунтовыми водами, за счет которых, а также за счет вод поверхностного стока, они дополнительно увлажняются. 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 здесь содержание гумуса 6-8%. Почвы на территории распространены на террасированных и пойменных участках долины рек Тобыл и Обаган. Террасированные и пойменные участки долины р. Тургай представлены *луговыми почвами в комплексе с солонцами*.

По долинам рек, озерным понижениям и водоразделам на всей территории области широко распространены *солонцы*, образующие местами крупные самостоятельные массивы. Значительные массивы солонцов представлены на территориях Федоровского, Мендыкаинского, Узынкольского, Сарыкольского, Алтынсаинского, Денисовского, Камыстынского, Тарановского, Аулиекольского, Наузумского, Аманкельдынского, Джаякельдынского районов и на территории Костанайской городской администрации. Почвообразующими породами служат преимущественно глинистые и суглинистые породы разного генезиса, засоленные изначально или от грунтовых вод. Солонцы обычно содержат гумуса в верхнем горизонте 2-3% и более. В зависимости от содержания гумуса колеблется

содержание общего азота, но его содержание бывает не более 0,2%. Доя солонцов типична бедность валовым фосфором, всего сотые доли процента.

Пески пустынные с почвообразованием бурого типа представлены на перевеянных песчаных массивах Тосынкум и Аккум, сформированных в западной части территории Жанкельдынского района.

Распределение типов почв по административным районам:

1. *Алтынсаринский район*. Северная часть территории расположена в пределах распространения подзоны черноземов южных, местами солонцеватых. Вокруг озерных котловин и по эрозионным ложбинам сформировались комплексы почв черноземов южных солонцеватых с солонцами. В южной части распространены черноземы южные карбонатные. В крайней южной и юго-восточной части развиты комплексы почв темно-каштановых солонцеватых с солонцами. На террасированных участках долины реки Обаган широкое распространение получили солонцы.

2. *Аманкельдынский район*. В северной и северо-восточной части территории района преимущественно развиты средне-каштановые карбонатные, средне-каштановые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами и средне-каштановые почвы. В южной части распространены светло-каштановые, светло-каштановые солонцеватые и комплексы светло-каштановых солонцеватых почв с солонцами. В юго-восточной части территории района в пределах северных отрогов Казахского мелкосопочника (гора Айгыржал) развиты светло-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щебнистые почвы. На всей территории района широкое распространение получили значительные по площади массивы солонцов. Среди интразональных почв по террасированным и пойменным участкам долины рек и озер с повышенным увлажнением доминируют комплексы почв луговых с солонцами.

3. *Аулиекольский район*. На территории района почвенный покров довольно однороден и представлен преимущественно зональными темно-каштановыми почвами. В северо-восточной и юго-восточной части получили развитие комплексы темно-каштановых солонцеватых с солонцами. В слабодренированных озерных депрессиях и по бортам Обаган-Торгайской ложбины на засоленных палеоген-неогеновых глинах и на прилегающих склонах пластовых равнин широко развиты отдельные массивы солонцов. В пределах террасированных и пойменных участков долины реки Обаган распространены солонцы.

4. *Денисовский район*. Территория района полностью располагается в подзоне умеренно-засушливых степей на черноземах южных степной зоны. На большей части территорий почвенный покров представлен южными черноземами нормальными, по долинам рек Тобыл и Камысты-Аят – черноземами южными карбонатными. В западной и в крайней юго-восточной части на незначительных участках встречаются комплексы черноземов южных солонцеватых с солонцами. В долине реки Тобыл и на террасированных и пойменных участках его притока реки Камысты-Аят представлены солонцы. В южной части территории незначительное распространение получили черноземы южные фосфоритные.

5. *Жанкельдынский район*. Северная часть территории района расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые) степной зоны, центральная часть – в пустынно-степной (полупустынная) зоне на светло-каштановых почвах, южная часть - северных, местами остепненных пустынь на бурых почвах пустынной зоны (холодных евроазиатских пустынь). Соответственно в северной части территории развиты сопутствующие подзоне почвы средне-каштановые карбонатные, местами остаточнок-карбонатные; средне-каштановые солонцеватые почвы. Формирование средне-каштановых почв происходило на засоленных суглинках и глинах пластовых равнин, засоленных суглинках древних ложбин стока и песчано-супесчаных отложениях водоразделов Олькейек–Кабырга-Сарыозен. По северному борту Торгайской ложбины доминируют светло-каштановые нормальные и светло-каштановые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами. По южному борту Торгайской ложбины доминируют зональные бурые пустынные и бурые пустынные солонцеватые почвы. Повсеместно широкое рас-

пространение получили комплексы зональных почв с солонцами. В подзоне *бурых почв*, особенно в центральной части водораздела Торгай-Улы-Жыланшык широко представлены крупные массивы солонцов. В западной части территории района в пределах песчаных массивов Тосынкум и Аккум распространены пески пустынные с почвообразованием бурого типа.

6. *Житикаринский район*. Почвенный покров территории района представлен в северной части - черноземами южными, в южной части - темно-каштановыми. В подзоне черноземов южных наиболее значительное распространение получили черноземы южные нормальные и комплексы черноземов южных солонцеватых с солонцами. В восточной части подзоны темно-каштановых почв распространены темно-каштановые почвы нормальные, в западной и южной части на цокольных равнинах с маломощным осадочным чехлом сформированы темно-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) щербнистые почвы.

7. *Камыстынский район*. Территория района расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые) степной зоны. На большей части территории развиты темно-каштановые нормальные, темно-каштановые, карбонатные, местами остаточного-карбонатные, темно-каштановые солонцеватые, комплексы темно-каштановых почв с солонцами, в северо-западной части черноземы фосфоритные. В крайней южной части доминируют средне-каштановые солонцеватые почвы и комплексы средне-каштановых солонцеватых почв с солонцами. В северной и юго-восточной части встречаются отдельные массивы солонцов.

8. *Карабалыкский район*. Территория района полностью расположена в подзоне черноземов обыкновенных среднегумусных тяжело- и среднесуглинистого механического состава, лишь в крайней южной и юго-восточной части, входящей в подзону черноземов южных развиты черноземы южные солонцеватые с солонцами. Наиболее однородным почвенным покровом отличаются низовья междуречья Тогызак-Уй, а наибольшей комплексностью – западная часть подзоны, сформировавшаяся на окраинах Зауральского плато. Здесь почвы представлены преимущественно черноземами обыкновенными нормальными, черноземами обыкновенными солонцеватыми, в долине реки Тогызак черноземы обыкновенные солонцеватые развиты в комплексе с солонцами.

9. *Карасуский район*. Северная часть территории района расположена в пределах распространения умеренно-засушливых степей на черноземах южных, южная часть в подзоне сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые) почвы. На большей части территории района, расположенных в пределах подзоны черноземов южных, почвы представлены черноземами южными карбонатными, в северной части подзоны - черноземами южными солонцеватыми, в западной части - черноземами южными солонцеватыми в комплексе с солонцами и массив лугово-черноземных почв (оз. Койбагар). В южной части территории района, расположенных в подзоне темно-каштановых почв, преимущественно развиты темно-каштановые карбонатные, в западной части подзоны – комплексы темно-каштановых солонцеватых с солонцами. В пойменных и террасированных участках р. Дамды – солонцы.

10. *Костанайский район*. На большей части территории района почвенный покров представлен черноземами южными. По долине р. Тобыл, в пределах поймы и первой надпойменной террасы доминируют луговые, на высоких поймах – черноземы южные солонцеватые в комплексе с солонцами. На крайнем севере распространены черноземы обыкновенные нормальные, местами черноземы обыкновенные солонцеватые. В подзоне черноземов южных преобладают черноземы южные солонцеватые, в южной части черноземы южные нормальные, лугово-черноземные почвы в комплексе с солонцами и в западной части территории района крупные массивы солонцов.

11. *Мендыкаринский район*. Большая часть территории района располагается в подзоне черноземов обыкновенных, лишь в крайней южной части получили развитие черноземы южные нормальные. На придолинных участках: р. Тобыл распространены

черноземы обыкновенные нормальные и черноземы обыкновенные солонцеватые, р. Обаган - черноземы обыкновенные солонцеватые, черноземы обыкновенные солонцеватые в комплексе с солонцами, вокруг озерных котловин и по эрозионным ложбинам сформированы массивы солонцов. На пойменных и террасированных участках рек Тобыл и Обаган широкое распространение получили луговые почвы.

12. *Наурызымский район.* Территория района полностью расположена в подзоне сухих степей на темно-каштановых почвах, включая малогумусные средне-каштановые. В северной части территории по плоским западинам широко распространены темно-каштановые нормальные, темно-каштановые солонцеватые почвы. В юго-западной части в пределах горного массива Каргалытау широкое распространение получили средне-каштановые карбонатные, в горном массиве Кызбель - средне-каштановые солонцеватые почвы. В юго-восточной части района получили развитие лугово-каштановые почвы. В многочисленных долинах временных и постоянных водотоков широко распространены крупные массивы солонцов.

13. *Сарыкольский район.* Почти вся территория Сарыкольского района расположена в пределах подзоны умеренно-увлажненных степей на черноземах обыкновенных степной зоны. В северной части территории района наибольшее распространение получили черноземы обыкновенные солонцеватые и комплексы черноземов обыкновенных солонцеватых с солонцами, комплексы лугово-черноземных почв с солонцами. В южной части подзоны - черноземы обыкновенные нормальные, комплексы черноземов обыкновенных солонцеватых с солонцами, вокруг озерных котловин сформировались лугово-черноземные почвы. В крайней юго-западной части (в долине реки Обаган) преобладают черноземы южные солонцеватые, в пойменных и террасированных участках р. Обаган - солонцы.

14. *Тарановский район.* Почвенный покров территории представлен двумя подтипами почв: черноземами южными и темно-каштановыми. В крайней северной части преобладают роды черноземов южных – черноземы южные солонцеватые, в западной части - черноземы южные карбонатные. На хорошо дренированных склонах рек Айет и Тобыл встречаются значительные массивы южных черноземов на супесчаных литологических комплексах. В южной части территории района, в подзоне темно-каштановых почв, преобладают темно-каштановые нормальные, в западной части – темно-каштановые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами. Южнее правого борта долины р. Тобыл доминируют темно-каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами. Почвенный покров озерных впадин (оз. Тентексор, Карасор, Сулуколь) характеризуются преобладанием крупных массивов солонцов. В долине р. Тобыл и его притока Айет широко распространены черноземы южные легкосуглинистые, местами черноземы южные солонцеватые нередко в комплексе с солонцами. На террасированных и пойменных участках р. Тобыл значительное развитие получили луговые почвы.

15. *Узынкольский район.* Территория района полностью расположена в пределах умеренно-увлажненных степей на черноземах обыкновенных степной зоны. Характер почвообразующих пород предопределил повсеместное преобладание глинистых и тяжелосуглинистых почвенных разностей. В крайней юго-западной части (в долине реки Обаган) преобладают черноземы обыкновенные солонцеватые, в западной части – черноземы обыкновенные карбонатные. На террасированных участках правобережья р. Обаган широко распространены солонцы. В крайней восточной части территории широко развиты черноземы обыкновенные солонцеватые, в восточной и центральной части – черноземы обыкновенные солонцеватые в комплексе с солонцами.

16. *Федоровский район.* Большая часть территории района находится в подзоне умеренно-увлажненных степей на черноземах обыкновенных, южная часть в подзоне умеренно-засушливых степей на черноземах южных степной зоны. В северной части района почвы представлены черноземами обыкновенными, черноземами обыкновенными солонцеватыми. Южная часть района характеризуется распространением черноземов

южных, черноземов южных солонцеватых, в западной части черноземы южные солонцеватые в комплексе с солонцами, в юго-восточной части - лугово-черноземные почвы в комплексе с солонцами со значительными участками массивов солонцов.

17. *Аркалыкская городская администрация*. Большая часть территории находится в подзоне сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые) степной зоны, юго-западная часть в пустынно-степной (полупустынной) зоне на светло-каштановых почвах. В северной части территории района доминируют средне-каштановые карбонатные почвы, средне-каштановые нормальные почвы, в западной и крайней северо-восточной части развиты средне-каштановые солонцеватые почвы в комплексе с солонцами, в юго-восточной части средне-каштановые солонцеватые. В юго-западной части широко распространены комплексы светло-каштановых солонцеватых почв с солонцами. В восточной части в пределах северных отрогов Казахского мелкосопочника широкое распространение получили средне-каштановые малоразвитые и неполноразвитые (ксероморфные) почвы. На террасированных и пойменных участках р. Терисаккан распространены лугово-каштановые почвы.

18. *Костанайская городская администрация* расположена в подзоне умеренно-засушливых степей на черноземах южных. На территории развиты черноземы южные нормальные, черноземы южные солонцеватые в комплексе с солонцами. На пойменных и террасированных участках р. Тобыл распространены луговые почвы.

19. *Лисаковская городская агломерация* расположена в подзоне умеренно-засушливых степей на черноземах южных. На территории распространены черноземы южные нормальные, черноземы южные карбонатные.

20. *Рудненская городская администрация* расположена в подзоне умеренно-засушливых степей на черноземах южных. На территории развиты черноземы южные нормальные, черноземы южные солонцеватые в комплексе с солонцами. На пойменных и террасированных участках р. Тобыл распространены луговые почвы.

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. 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 [73].

Почвообразующими породами на территории Костанайской области являются четвертичные отложения преимущественно тяжелого механического состава. В северной части области, в пределах Западно-Сибирской низменности, имеются супеси и пески. Все четвертичные отложения обладают небольшой мощностью. Они подстилаются в Западно-Сибирской низменности соленосными третичными глинами, по Тургайскому и Зауральскому плато – отложениями мелового периода, представленными известняками, кварцевоглауконитовыми песками и белым пишущим мелом [65, 66, 71].

По механическому составу на территории области выделены и отражены на карте (рисунок 7.2) следующие разновидности почв: *глинистые и тяжелосуглинистые; глинистые и тяжелосуглинистые карбонатные и засоленные; средне- и легкосуглинистые; супесчаные; песчаные; щебнистые почвы* [66].

Глинистые и тяжелосуглинистые разновидности обычно типичны черноземам и темно-каштановым почвам, преимущественно распространены на территориях:

- северная, западная и юго-восточная части Карабалыкского района, восточная и южная части Федоровского района, западная и южная части Костанайского района, Костанайская городская администрация;
- левобережье р. Тобыл Костанайского района, территория Узынкольского и Сарыкольского районов, северная, западная и южная часть Карасуского района;
- территория Аркалыкской городской администрации (кроме восточной части), восточная часть территории Аманкельдинского, северная часть Жанкельдынского, северо-западная и западная часть Наурызымского, северо-западная и северо-восточная часть Тарановского, южная часть Алтынсаринского, северо-восточная и южная часть Аулиекольского районов;
- территория Житикаринского, Камыстынского, Алтынсаринского районов, Рудненская городская администрация.

Глинистые и тяжелосуглинистые карбонатные и засоленные почвы распространены по водораздельным равнинам, сложенными карбонатными и засоленными глинами, тяжелыми суглинками. Они распространены преимущественно на территориях: Карасуского, Наурызымского, Жанкельдынского, в западной части Аманкельдинского районов и в восточной части территории Аркалыкской городской администрации.

Более легкие по механическому составу породы *средне- и легкосуглинистые почвы* с содержанием частиц физической глины около 25-30% распространены преимущественно в западной части территории области в долине р. Тобыл, Обаган и Торгай. Они расположены на территориях: Карабалыкского, Федоровского, Денисовского, Тарановского, в северной и северо-восточной части Костанайского, Мендыкаринского, незначительной территории в восточной части Узынкольского, Наурызымского, в западной и юго-западной части Аманкельдинского, в западной и северо-восточной части Жанкельдынского районов.

Средне- и легкосуглинистые карбонатные и засоленные почвы развиты в пределах центральной части Торгайского плато. Их формирование происходило на карбонатных суглинках и глинах пластовых равнин, засоленных суглинках древних ложбин стока. Они распространены на территориях Камыстынского, северной и юго-восточной части Наурызымского районов.

На хорошо дренированных склонах рек Аьет, Тобыл, Обаган и в междуречье последних встречаются крупные массивы почв *супесчаного* механического состава.

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 преимущественно на территориях: южной части Аманкельдинского района, восточной части Аркалыкской городской администрации.

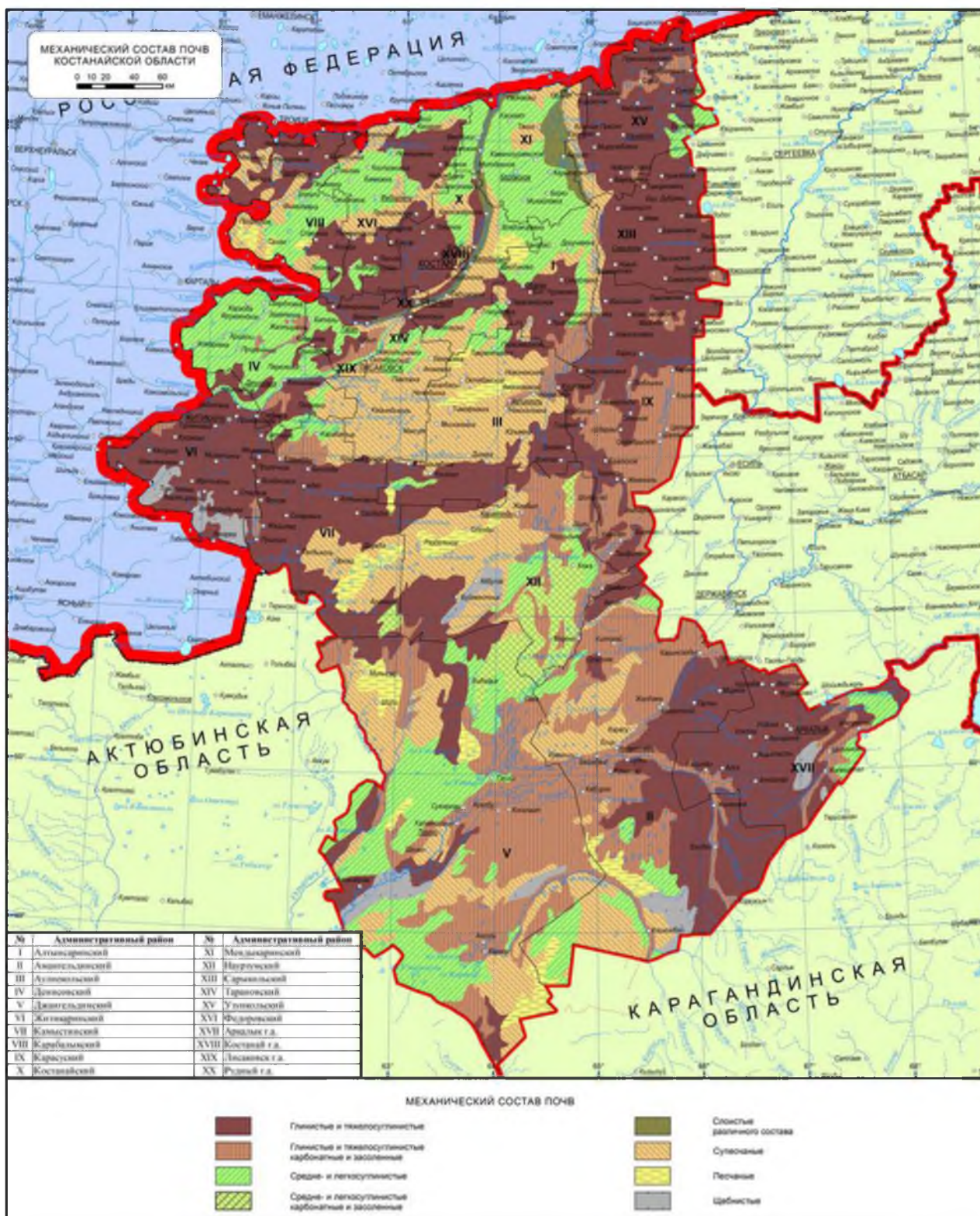


Рисунок 7.2 – Механический состав почв Костанайской области

8. ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Природно-климатические условия Костанайской области благоприятны для возделывания зерновых, масличных, крупяных, зернобобовых и кормовых культур и, в первую очередь, продовольственной пшеницы с высоким содержанием клейковины, пользующейся повышенным спросом на мировых рынках и в качестве улучшителя хлебопекарных свойств муки. Пшеница является стратегической культурой.

В области наряду с яровой пшеницей, успешно выращиваются масличные, бобовые и кормовые культуры: горох, нут, рапс, подсолнечник, лён, гречиха, просо, овёс, суданская трава, многолетние травы. Задача состоит в том, чтобы подобрать наиболее выгодные для каждой зоны культуры, в соответствии с их биологическими особенностями и потребностями. Например, рапс, кукуруза на зерно и гречиха идут лучше подходят для возделывания в зоне обыкновенных и южных черноземов на более легких почвах. Горох, лен, могут возделываться во всех районах области. Нут и чечевица – более засухоустойчивые культуры и могут возделываться в более засушливых почвенно – климатических зонах.

8.1 Яровые зерновые культуры

Яровая пшеница

Яровая пшеница относится к культуре длинного светового дня. Всходы яровой пшеницы легко переносят поздние весенние заморозки порядка минус 8 – минус 10°C, но легко повреждается ранними осенними заморозками в фазу цветения при минус 1 – минус 2°C, в фазу молочной спелости – при минус 2 – минус 4°C.

В Костанайской области из числа сортов мягкой яровой пшеницы районированы сорта Августина, Алтайская жница, Дива, Казахстанская раннеспелая, Казахстанская 19, Казахстанская 25, Карабалыкская 20, Карабалыкская 90, Карагандинская 22, Карагандинская 30, Карагандинская 31, Карагандинская 60, Кондитерская яровая, Любава, Любава 5, Лютесценс 32, Мелодия, Омская 18. Омская 20, Омская 24, Омская 29, Омская 30, Омская 35, Омская 36, Омская 41, Памяти Азиева, Светланка, Степная волна, Умай, Фантазия, Целинная 3С, Целинная – Юбилейная, Шортандинская 2012, Шортандинская 2014, Эритроспермум 35 [74].

К числу твёрдых сортов яровой пшеницы, районированных в Костанайской области, относятся сорта Алейская, Алтын – Дала, Асангали 20, АCHILLE, Безенчукская 139, Безенчукская 182, Жемчужина Сибири, Костанайская 52, Костанайская 12, Солнечная 573.

Для получения стабильной урожайности яровой пшеницы высокого качества наибольшие площади посева яровой мягкой пшеницы следует сосредоточить в агроклиматических зонах:

- II - слабовлажная умеренно теплая;
- III-б - слабо засушливая теплая;
- IV-а - умеренно засушливой теплая.

Оптимальными сроками посева яровой пшеницы для получения высококачественного и стабильного урожая зерна во всех агроклиматических зонах области является период с 15 по 25 мая. При наличии гарантированных долгосрочных прогнозов погоды, сроки посева могут изменяться как в сторону ранних, так и поздних. Среднепоздние сорта яровой мягкой пшеницы, имеющие вегетационный период длиннее среднеспелых сортов на 2-6 дней, должны высеваться в начале оптимального периода посева. Максимальное содержание белка и сырой клейковины яровой пшеницы формируется в зоне обыкновенных черноземов при посеве с 18 по 23 мая, южных черноземов с 20 по 26 мая, темно-каштановых почв с 20 по 28 мая.

Оптимальные нормы посева яровой пшеницы на севере области составляют: по пару и зернобобовым – 3,8-4,2 млн. всхожих зёрен на 1 га, по другим предшественникам 3,5-4,0 млн. всхожих зёрен на 1 га. В центральных районах по перечисленным предшественникам

рекомендуются нормы высева 3,5-4,0 млн. 3,0-3,5 млн. всхожих зёрен на 1 га соответственно. В южных, наиболее засушливых, районах Костанайской области рекомендуемые нормы высева яровой пшеницы – 2,8-3,0 всхожих зёрен на 1 га [75].

Для получения зерна высокого качества, посев необходимо начинать с более позднеспелых сортов, вторую половину оптимального срока использовать для посева среднеспелых и среднеранних сортов в зоне южных черноземов и темно-каштановых почв, среднеранних – в зоне обыкновенных черноземов и раннеспелых – в зоне выщелоченных черноземов.

Для черноземных и каштановых почв Костанайской области при традиционной технологии возделывания основное внесение фосфорных удобрений проводится при обработке пара сеялками с культиваторными сошниками на глубину 10-12 см или при осенней обработке пара глубокорыхлителями. Норма внесения берётся из расчёта 20 кг/га P_2O_5 на одно поле пшеницы в севообороте. Доза фосфорных удобрений при одновременном внесении с семенами яровой пшеницы составляет 10-20 кг/га P_2O_5 . Азотные удобрения вносятся на основе почвенной диагностики содержания в почве азота: для зоны черноземных почв установлены оптимальные уровни обеспеченности азотом слоя почвы 0-40 см в зависимости от фона фосфорного питания (0-20 см): не менее 9 мг $N-NO_3$ на кг почвы при содержании P_2O_5 до 15 мг; не менее 13 мг при содержании P_2O_5 15-30 мг/кг и не менее 15 мг/кг при содержании P_2O_5 более 30 мг/кг.

В Костанайской области наиболее вредоносны многолетние корнеотпрысковые и корневищные сорные растения: бодяк полевой, молокан татарский, осот полевой, вьюнок полевой, горчак розовый, пырей ползучий и пырей ветвистый (острец). Из однолетних видов наиболее злостны: овсюг, марь белая, щирица, латук компасный, горец вьюнковый, липучка репейная, щетинники зеленый и сизый и др. [76].

Уборка урожая. Основными методами уборки яровой пшеницы являются прямое комбинирование и отдельный способ уборки. Прямое комбинирование рекомендуется убирать пшеницу при равномерном созревании, в фазу твёрдой спелости зерна, посева прежде всего чистые от сорняков, без подгона, низкорослые или изреженные. Для ускорения созревания яровой пшеницы эффективными приемами являются предуборочная обработка посевов или десикация.

При отдельном способе уборки яровая пшеница в фазе восковой спелости зерна скашивается в валки прицепными, навесными жатками или жаткой-хедером. После просушивания скошенной массы до воздушно-сухого состояния и при достижении влажности зерна 14-16% проводится подбор и обмолот валков.

Яровой ячмень

В Костанайской области районированы следующие сорта ярового ячменя: Арна, Астана 2000, Великан, Ворсинский, Гранал, Гетьман, Донецкий 8, Карабалыкский 150, Карагандинский 6, Медикум 85, Омский 95, Сибирский Авангард, Сымбат, Убаган, Целинный 60 [74].

Оптимальным сроком сева для ячменя на обыкновенных черноземах является 24-26 мая, в зоне южных черноземов – 28-30 мая, в зоне темно-каштановых почв – 31 мая - 1 июня. При хорошем увлажнении почв, а также при применении азотных удобрений посев проводится в начале оптимальных сроков.

Оптимальные нормы высева – 3,0 – 3,5 млн. всхожих семян на 1 га [75].

Предшественники и агрофоны. Хорошими предшественниками при возделывании ячменя являются яровая пшеница, горох, нут, кукуруза, рапс, чечевица, лен.

При зональной системе возделывания под яровой ячмень рекомендуется проводить осеннюю механическую обработку почвы глубокорыхлителями, щелевателями или чизелем на глубину 25–27 см. В зимний период на стерневых фонах при высоте стерни до 20 см. проводится механическое снегозадержание. При минимальной технологии возделывания часть механических обработок почвы заменяются на химические обработки сорняков

гербицидами сплошного и избирательного действия. Эффективен посев сеялками для прямого посева.

Ячмень не устойчив к осыпанию зерна при перестое растений на корню. В связи с этим при уборке ячменя на зерно применяется в основном раздельный способ.

Овёс

В Костанайской области в основном возделываются сорта овса Синельниковский 14 и Скакун [74].

Оптимальным сроком сева для овса на обыкновенных черноземах является 24-26 мая, в зоне южных черноземов – 28-30 мая, в зоне темно-каштановых почв – 31 мая - 1 июня.

Овёс является плёнчатой культурой, семена весьма подвержены заражению грибковыми, особенно головнёвыми, заболеваниями. Необходимо обратить особое внимание на предпосевную подготовку семян (воздушно-тепловой обогрев, протравливание соответствующими препаратами).

При хорошем увлажнении почв, а также при применении азотных удобрений посев овса проводится в начале оптимальных сроков. Норма высева – 2,8-3,5 млн. всхожих зерен на 1 га. Глубина заделки семян овса составляет 4-6 см во влажный слой почвы [75].

Предшественники и агрофоны. Хорошими предшественниками при возделывании овса являются яровая пшеница, горох, нут, кукуруза, рапс, чечевица, лен. Следует отметить, что сам овёс является одним из лучших предшественников для основной культуры региона – яровой пшеницы. Не следует размещать овёс на заовсюженных полях. Семена овсюга относятся к неотделимым примесям в зерне овса.

Биологической особенностью овса является длительное, неравномерное созревание семян в метёлке и высокая осыпаемость зерна при перестое растений на корню. Поэтому наиболее приемлемым является раздельный способ уборки овса на зерно. Скашивание овса в валки производится при созревании 70-80 % семян в метёлках. После подсушивания и дозревания зёрен производится подбор и обмолот скошенных валков.

8.2 Зернобобовые культуры

Горох

В Костанайской области районированы следующие сорта гороха: Аксайский усатый 55, Астронавт, Касиб, Неосыпающийся 1, Омский неосыпающийся, Рамонский 77, Статус, Усач Казахстанский 871, Шал, Ямальский [74].

В условиях Костанайской области, где высока вероятность наступления июньской засухи, 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 горох следует высевать в сроки с 15-17 до 31 мая и 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. Раннеспелые сорта гороха высевают в третьей декаде мая.

Оптимальными нормами высева гороха в зоне обыкновенных чернозёмов Костанайской области являются 1,0-1,2 млн. всхожих зерен на 1 га, в зоне южных чернозёмов – 0,8-1,0 млн. всхожих зерен на 1 га, в зоне темно-каштановых почв – 0,6 – 0,8 млн. всхожих зерен на 1 га [77].

В связи с тем, что почвы Костанайской области 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 действующего вещества 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.

Нут

В Костанайской области возделываются следующие сорта нута: Волгоградский 10, Камила 1255, Юбилейный [74].

Нут рекомендуется выращивать в слабо засушливой и умеренно засушливой умеренно жаркой зоне. Оптимальный срок посева нута в Костанайской области – 18-22 мая. Нут является более позднеспелой культурой, чем, к примеру, горох. Посев в более поздние сроки может привести к неполному созреванию зерна в осенний период [78].

Норма высева нута – 0,4-0,6 млн. всхожих семян на 1 га, глубина заделки семян 6-8 см. Перед посевом семена обрабатываются нитрагином для образования клубеньков с азотфиксирующими бактериями.

Нут – плохой конкурент с сорняками во всех стадиях развития. Но особенно остро эта проблема стоит после всходов. Из-за медленного роста и ограниченного развития листовой поверхности на ранних стадиях сорняки могут оказать наиболее сильное влияние на урожай семян. Учитывая эти особенности, нут нужно размещать на наиболее чистых от сорняков полях. Особое внимание следует уделить чистоте полей от двудольных сорняков. Лучшие предшественники – пары, пласт многолетних трав, однолетние травы, злаковые зерновые культуры.

Нут созревает позже, чем основная зерновая культура – пшеница. Поэтому уборка зерновых и нута не совпадают, что дает возможность более эффективно использовать уборочную технику.

Наиболее приемлемо прямое комбайнирование. Хотя очень часто приходится прибегать к раздельной уборке. Высота среза должна регулироваться так, чтобы нижние бобы не оставались на поле (10-13 см). Зерно из под комбайна необходимо отчистить от примесей и в случае необходимости просушить до влажности 14%.

Чечевица

В Костанайской области районированы сорта чечевицы Веховская и Крапинка [74]. В испытании находятся также другие перспективные сорта. В зависимости от длины вегетационного периода сорта чечевицы следует высевать в сроки с 15-17 до 31 мая и позднеспелые сорта необходимо высевать с 15-17 по 24-25 мая.

Норма высева чечевицы составляет 0,8-1,4 млн. всхожих зерен на 1 га. В зоне обыкновенных черноземов оптимальная норма высева семян – 1,2-1,4 млн. всхожих зерен на 1 га. В зоне южных черноземов - 1,0-1,2 млн. всхожих зерен на 1 га, в зоне темно-каштановых почв – 0,8-1,0 млн. всхожих зерен на 1 га.

Оптимальная глубина заделки семян составляет 4-7 см, на легких почвах глубину заделки семян можно несколько увеличивать, на тяжелых – уменьшить.

Обработка семян чечевицы микробиологическими препаратами (нитрагин) полностью заменяет внесение под неё минеральных азотных и органических удобрений. При предпосевной обработке норма расхода нитрагина составляет 300 грамм на гектарную норму высева семян. Для обеззараживания семян применяют Дерозал, 50% с.п. – 2,0-2,5 кг/т.

Для получения высоких урожаев чечевицы важна правильная подготовка почвы под посев, так как чечевица имеет небольшую высоту растений (35-45 см), а нижнее прикрепление бобов бывает на уровне 7-8 см, и, соответственно, надо выбрать идеально ровные поля, или провести до- и послепосевное боронование. Чечевица в период от прорастания до цветения требует особого внимания и создания благоприятных условий ввиду низкой конкурентоспособности, поэтому необходима надежная защита посевов чечевицы от падалицы предшествующей культуры и сорных растений. Обработка семян нитрагином, в сочетании с внесением фосфорных удобрений, с размещением на чистых от

сорных растений полей является одним из факторов формирования хорошего урожая чечевицы.

8.3 Масличные культуры

Подсолнечник

Подсолнечник - род однолетних и многолетних растений семейства сложноцветных. Из однолетних растений в культуре распространён подсолнечник масличный (*Helianthus annuus*). Корень стержневой, проникающий в почву на глубину 3 - 4 м и распространяющийся в стороны до 120 см. Сильно развитая корневая система позволяет подсолнечнику использовать влагу глубоких горизонтов, что даёт ему возможность произрастать в степных засушливых районах нашей страны.

Подсолнечник масличный по внешнему виду растений и строению семян подразделяют на грызовый, масличный и межеумок. В производстве используются в основном сорта масличной группы.

Подсолнечник - светолюбивая культура, относится к растениям короткого дня. При продвижении на север его вегетационный период удлиняется. К условиям произрастания подсолнечник предъявляет довольно высокие требования. Семена во влажной почве начинают прорастать при температуре 4–6°C. Чем выше температура почвы, тем семена прорастают быстрее: при 8–10°C всходы появляются через 15–20 дней после посева, при 20°C - через 6–8 дней. Всходы подсолнечника легко переносят кратковременные заморозки до минус 5–6°C. Требования растений к теплу в период от появления всходов до цветения постоянно возрастают. В фазе цветения и в последующие периоды для роста и развития подсолнечника наиболее благоприятна температура 25–27°C. Но температура свыше 30°C оказывает угнетающее действие.

Подсолнечник расходует довольно много воды, хотя и считается засухоустойчивой культурой. Наиболее интенсивное потребление влаги отмечается в период от образования корзинки до конца цветения.

В Костанайской области допущены к использованию следующие сорта и гибриды подсолнечника: Рауан, Гульбагыс, Жайдарман, Жайна, Казахстанский 5, Арена ПР, Принтасол, ЛГ 5525, ЛГ 5463 КЛ, П 64 ЛЕ 11, Меридиес КЛ, Яна, Сары [74].

В настоящее время подсолнечник на маслосемена возделывается во всех районах и агроклиматических зонах Костанайской области. Площадь посевов подсолнечника по Костанайской области составила около 100 тыс. га. По посевной площади среди масличных культур подсолнечник занимает 2 место после масличного льна.

Подсолнечник имеет много опасных вредителей и болезней, поэтому нужно строго выдерживать правило возврата его на прежнее поле в севообороте не ранее чем через 3–4 года. Более частое возделывание приводит к распространению заразных болезней (склеротиниоз, ржавчина) и вредителей (подсолнечниковый усач, подсолнечниковая моль и др.) [77].

Не следует сеять подсолнечник непосредственно после рапса, горчицы, гороха, сои, чечевицы, гречихи, т.к. эти культуры имеют с ним ряд общих вредителей и заболеваний (склеротиниоз, серая гниль и другие). Лучше всего подсолнечник размещать по яровой пшенице, идущей по пару, а также по однолетним культурам, убираемым на зеленый корм или на силос.

Хорошими предшественниками являются также просо, озимая рожь, кукуруза. Не рекомендуется высевать подсолнечник после суданской травы, многолетних трав и других культур с глубокой корневой системой, которые сильно иссушают нижние слои почвы. Сам подсолнечник - хороший предшественник для яровой пшеницы, овса, ячменя и других яровых культур.

Посев подсолнечника проводят в 1–2 декадах мая при устойчивом прогревании почвы до 10–12°C на глубине заделки семян 5–7 см.

Весенняя обработка почвы начинается с закрытия влаги игольчатыми боронами по мере наступления физической спелости почвы. Это происходит при устойчивом переходе температуры воздуха через 5°C. В регионе этот срок наступает обычно 14-20 апреля.

Посев подсолнечника проводится с минимальным отрывом после предпосевной культивации почвы в 1-2 декадах мая. Посев начинается с более позднеспелых сортов и гибридов, и заканчивается более раннеспелыми сортами.

Уборка подсолнечника на маслосемена проводится во 2-3 декадах сентября, иногда в начале октября. В отдельные годы уборка подсолнечника проводится после жёстких осенних заморозков. Происходит как бы естественная десикация посевов на корню. Подсолнечник убирают в фазу полной спелости. Подсолнечник на производственных посевах убирают прямым комбинированием зерноуборочными комбайнами с приспособлениями. Обмолот начинают, когда семена достигают влажности 15-20%. Подсолнечник на силос убирают силосоуборочными комбайнами в начале образования корзинок и до начала цветения.

Лён

Лён – однолетнее травянистое растение с прямым стеблем, высотой до 1 м, семейства льновых. В Казахстане возделывается один вид – обыкновенный культурный, подразделяющийся на 5 подвидов, из которых наибольшее значение имеет среднесемянный (промежуточный) подвид.

Лён масличный – культура весеннего сева. Семена наклёвываются при температуре почвы 3-5°C. Минимальная температура для прорастания семян льна около 6°C, однако для дружных всходов почва должна прогреться до 10-12°C, при этом всходы появляются на 5–7 день после посева. Способны переносить кратковременные заморозки до минус 4°C. В целом лён средне требователен к теплу, более требователен – в период созревания. Снижение температуры ниже 12°C задерживает не только синтез, но и поступление питательных веществ в семена.

Лён хорошо преодолевает недостаток влаги в начальный период своего развития, переносит засуху до начала цветения и хорошо использует летние осадки. Растения льна потребляют запасы продуктивной влаги из глубоких горизонтов почвы.

Сорта масличного льна, допущенные к использованию в Костанайской области: Кустанайский янтарь, Казар, Кустанайский 11, Либра [74]. Относятся к среднесеменным межеумкам промежуточного подвида.

По посевным площадям лён в Костанайской области занимает 1 место среди масличных культур и размещается на площади более 170 тыс. га (2016 год). Основная часть посевных площадей размещается в зоне обыкновенных и южных чернозёмов. Значительно меньшую площадь посева льна занимают в наиболее засушливых Аманкельдинском, Жангильдинском, Наурызымском, Житикаринском и Камыстынском районах. Лучшими почвами для возделывания льна являются чернозёмы и тёмно-каштановые почвы. Малопригодны солонцеватые почвы.

Посев льна в основных льносеющих районах Костанайской области следует проводить во второй половине мая (15-28 мая) [74]. Норма высева 6,5-7,0 млн. всхожих семян на 1 га. Глубина заделки семян зависит от состояния почвы и может изменяться от 4-5 см (влажная, недостаточно прогретая почва) до 6-7 см (сухостепная зона). Глубокой заделки нужно избегать на тяжёлых глинистых почвах и при высева мелких легковесных семян.

Уборочная спелость посевов льна наступает в конце августа - начале сентября. Сорта льна, возделываемые в Северном Казахстане, отличаются высокой устойчивостью к полеганию и осыпанию семян на корню. Уборка льна обычно проводится после массовой уборки зерновых культур (конец сентября).

Для льна масличного более приемлемой является двухфазная уборка. При отдельной уборке потери влаги семенами и соломой протекают более интенсивно, чем при созревании на корню. К скашиванию приступают при созревании в массиве 75% коробочек. Обычно это 2 половина августа и начало сентября.

Уборка льна масличного возможна и прямым комбинированием. При этом очень эффективно применять предуборочную десикацию посевов.

Рапс

Яровой рапс – однолетнее травянистое растение семейства крестоцветных, достигающее в степной зоне высоты 80-100 см, в лесостепной - 80-120 см, с глубоко проникающим (до 1,8-2,0 м) в почву сильно развитым стержневым корнем.

В настоящее время в Костанайской области районированы следующие сорта и гибриды ярового рапса: Абилити, Герос, Золотонивский, Калибр, Липецкий, Майкудык, Макро, Мобиль CL, Озорно, Проксимо, ПР 45 X 73, Сальса CL, Смилла, Траппер, Хантер, Юбилейный, RG 40301 [74].

В Костанайской области посевы рапса ежегодно занимают около 20-30 тыс. га. Основная часть посевов (15-16 тыс. га) размещается в зоне обыкновенных чернозёмов (Карабалыкский и Узынокольский районы). В зоне каштановых почв Костанайской области рапс на маслосемена практически не возделывается.

Рекомендуемые севообороты в зоне южных чернозёмов: пар-рапс-пшеница – пшеница; пар-рапс-пшеница-горох-пшеница. В зоне обыкновенных чернозёмов: рапс-пшеница-горох-пшеница, пар-пшеница-пшеница-пшеница-горох-пшеница-рапс-пшеница. Под рапс следует отводить чистые от многолетних двудольных сорняков поля, особенно от корнеотпрысковых сорняков, так как не зарегистрированы гербициды, эффективные в посевах рапса против вышеуказанных сорняков. Лучшими предшественниками для рапса являются химические или гербицидные пары. Рапс плохо переносит недостаток влаги и минерального питания.

По мере наступления физической спелости почвы (2-3 декады апреля) проводится ранневесеннее закрытие влаги игольчатыми боронами. Предпосевная обработка почвы и посев проводятся во второй половине мая. Оптимальные сроки сева ярового рапса в области – 23-28 мая [77]. Лучшим способом посева рапса на маслосемена является посев с нормой высева 1,5-2,0 млн. шт. всхожих семян на 1 га (4-6 кг/га).

Рапс, как правило, убирают отдельным способом. Скашивание посевов в валки следует начинать при побурении 30-40% семян в нижних стручках, когда влажность семян снижается до 30-35% (середина августа – сентябрь).

Уборочная спелость посевов рапса для отдельной уборки наступает в конце августа - начале сентября. В связи с высокой осыпаемостью семян рапса на корню и в валках, уборку этой культуры необходимо проводить в максимально сжатые сроки.

8.4 Кормовые культуры

Кукуруза на корм

Кукуруза - высокорослое однолетнее травянистое растение семейства злаковых, достигающее высоты 3 м, с хорошо развитой корневой системой. Кукуруза - растение короткого дня и является перекрёстноопыляющейся культурой. В Северном Казахстане является одним из главных источников сочных кормов в виде силоса и корнажа в зимний период.

Кукуруза - теплолюбивое растение, погибает при понижении температуры до минус 2 - минус 4°C. Оптимальная температура для роста и развития 15-24°C. Это ограничивает распространение кукурузы в районах с суммами температур за вегетационный период менее 2500°C.

В засушливой степи Костанайской области в посевах кукурузы должны преобладать среднеранние и среднеспелые сорта и гибриды, с коротким вегетационным периодом 80-90 дней.

Сорта и гибриды кукурузы, допущенные к использованию в Костанайской области: Будан 237 МВ, Каз ЗП 200, ЛГ 3255, Матеус, Молдавский 215 МВ, Молдавский 257 СВ,

Одесский 80 МВ, Паллас, Сары-Арка 150 АСВ, Тургайская 5/87, Туран 170 СВ, Целинный 160 СВ [74].

Лучшие предшественники кукурузы – пласт многолетних трав, оборот пласта, однолетние травы, пропашные культуры, зерновые и зернобобовые. При размещении кукурузы в полевых севооборотах её следует высевать второй культурой после пара. Кукуруза при высоком технологическом уровне возделывания сама является хорошим предшественником для зерновых культур. Возможны бессменные посеы кукурузы на постоянных полях.

Основная цель осенней обработки почвы в засушливой степи должна быть направлена на накопление и сохранение почвенной влаги, уничтожение сорняков, создание благоприятных условий для получения дружных всходов.

Основная обработка почвы под кукурузу проводится плоскорезными орудиями на глубину 25-27 см с сохранением стерни на поверхности почвы, что повышает эффективность снегозадержания и предохраняет почву от эрозии, повышает эффективность удобрений и гербицидов, гарантирует устойчивость урожаев [76].

Весной проводят закрытие влаги и выравнивание почвы игольчатыми боронами.

Предпосевную обработку проводят лаповыми культиваторами на глубину 8-10 см с одновременным боронованием и последующим прикатыванием кольчатыми катками.

В свете систем сберегающего земледелия механические обработки почвы частично или полностью заменяются гербицидными обработками сорняков.

При возделывании кукурузы в полевых севооборотах вносят фосфорные удобрения разовой дозой на несколько лет из расчёта 20-25 кг/га на каждый год последствия. Ежегодно вносят под предпосевную обработку 30-40 кг/га д.в. азота.

Весной обработку почвы можно начать от даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C, при условии просыхания и достижения физической спелости почв. В этот период проводится закрытие влаги игольчатыми боронами.

Посев кукурузы проводится с минимальным разрывом после предпосевной культивации почвы, при достижении почвой температуры 10-12°C на глубине 8-10 см. Оптимальным сроком посева кукурузы в Костанайской области является 2 декада мая. Посев в более поздние сроки не гарантирует созревания початков до восковой и молочно-восковой спелости.

Уход за посевами начинается с довсходового боронования за 3-4 дня до появления всходов (поперек или по диагонали посева). Применяются лёгкие и средние зубовые бороны или пальцевые пружинные бороны с малым углом атаки при скорости движения агрегата 3-5 км/час.

Боронование по всходам проводят в фазе 2-3 листочков в жаркое время дня, когда тургор растений снижается. Важно, чтобы у борон пассивная сторона зуба была установлена в направлении движения агрегата.

К междурядным обработкам приступают по мере обозначения рядков кукурузы и появления сорной растительности. Первую междурядную обработку проводят на глубину 5-6 см (при использовании стрельчатых и односторонних плоскорезных лап, КРН-4,2), начиная с фазы 5-6 листьев. Вторую междурядную обработку проводят на глубину 6-8 см (при использовании лап-отвальчиков или дисковых загортачей-окучников) при достижении высоты растений 25-30 см или через 10-12 дней после первой обработки.

Ресурсосберегающие технологии предполагают внесение почвенных гербицидов, которые подбираются с учетом засорённости участков [77]. На участках, засорённых корневищными и корнеотпрысковыми сорняками, необходимо применять почвенные (базовые) гербициды – Алирокс – 6-7 л/га, Харнес 2,5-3,0 л/га, Примэкстра – 5 л/га, Дуал – 1,6 л/га. В отдельных случаях для борьбы с осотом и бодяком полевым, а также всходящими однолетними сорняками можно рекомендовать использование гербицида Ураган Форте за 10-14 дней до посева.

В борьбе с сорняками в посевах кукурузы используется широкий ассортимент гербицидов. При наличии многолетних корнеотпрысковых сорняков (бодяк, вьюнок) потребуется последующее применение препаратов Эстерон, Прима, Банвел, Диален Супер, 2,4-Д (ДМА-6).

Уборка гибридов кукурузы на силос осуществляется силосно-уборочными комбайнами при влажности растений 67-75%, в период третья декада августа – первая декада сентября. Кукуруза должна быть убрана до наступления первых осенних заморозков. К уборке кукурузы на силос хозяйства области приступают в 3 декаде августа.

Суданская трава

Суданская трава – однолетнее травянистое растение семейства злаковых. Корневая система мочковатая, мощно развитая, проникает на глубину 2 - 3 м. Стебли прямостоячие, высотой до 3 м, хорошо облиственные. Суданская трава - теплолюбивое растение. Семена начинают прорастать при температуре 8-10°C, оптимальной же температурой прорастания является 20-30°C. При выращивании суданской травы на зелёный корм достаточно суммы температур 1500°C, на семена - 2200-3000°C. Заморозки минус 3-4°C полностью уничтожают всходы и взрослые растения. При средней суточной температуре 12-13°C суданская трава почти не растёт.

К влажности почвы суданская трава нетребовательна. Транспирационный коэффициент составляет 200-300. Благодаря мощной корневой системе суданская трава хорошо использует осадки второй половины лета, что является её преимуществом перед другими однолетними травами. При достаточном количестве влаги и тепла она вегетирует до поздней осени.

Суданская трава используется на зелёный корм, для заготовки сена, силоса, сенажа, травяной муки и как пастбищная культура. Среди однолетних злаков имеет самую устойчивую отавность (быстро отрастает после скашивания) и даже в засушливых условиях формирует вегетативную массу для пастбы скота, а при выпадении дождей – второй укос.

Сорта суданской травы, допущенные к использованию в Костанайской области: Землячка, Изумрудная, Тугай [74].

По данным Аркалыкской СХОС, гарантированный урожай семян можно получать ежегодно при посеве 15-20 мая. Посев на корм или зелёную подкормку производится в несколько сроков (20 мая - 5 июня) [76].

Суданская трава очень отзывчива на ежегодное внесение фосфорных удобрений (аммофос, суперфосфат и др.), особенно в небольших дозах (30 кг/га д.в. по фосфору) при посеве. Прибавка урожая зелёной массы составляет 25-35%, в зависимости от увлажнения.

На сено суданскую траву убирают в начале фазы выметывания, скашивание в более поздние сроки недопустимо, так как стебли сильно грубеют, а доля листьев в кормовой массе резко сокращается, следствием чего является плохая поедаемость животными и снижение качества корма.

Скашивание суданки на сенаж проводят в фазу выхода в трубку. Затем скошенную массу провяливают до влажности 50-55%, подбирают и измельчают до 2 см провяленную массу подборщиками – измельчителями.

Суданскую траву на семена убирают в основном отдельным способом. К скашиванию в валки приступают при созревании семян на центральных стеблях.

Просо кормовое

Просо - однолетнее травянистое растение семейства злаковых. Корневая система мочковатая, может проникать вглубь почвы и в стороны до 100 см. Высота растения 60-70 см. Растения кормового направления отличаются большей высотой и пониженной семенной продуктивностью.

Оптимальная глубина заделки семян 3-4см. В случае пересыхания верхних слоёв почвы семена можно заглублять до 6-7 см. Просо относится к группе культур, требующих даже на первой стадии развития 18-25°C, хотя семена способны прорасти при 5-8°C. Для появления

полных дружных всходов температура почвы должна быть не ниже 10-12°C. При температуре минус 2°C всходы погибают. Устойчивость проса к пониженным температурам зависит от фазы развития и снижается от всходов до цветения.

Характерная особенность проса - экономное потребление влаги в течение всего вегетационного периода. Транспирационный коэффициент составляет не более 300. Просо устойчиво к суховеям и запалам. Растения способны выдерживать длительное завядание и глубокое обезвоживание тканей. При засухе неукоренившиеся всходы проса нередко замирают и едва проявляют признаки жизни. Но стоит только пройти дождю, как они начинают укореняться и быстро расти. Жаровыносливость проса очень высокая.

Допущенные к использованию в Костанайской области сорта кормового проса: Барнаульское 98, Кормовое 89 [74]. Норма высева при рядовом способе посева на сено и зелёный корм в условиях степи – 2,5-3,0 млн. всхожих зёрен на 1 га (12-15 кг/га). В острозасушливых районах при возделывании на сено приемлема норма высева 2,0 млн. (10 кг/га) [76].

Просо, как и суданская трава, хорошо переносит все гербициды группы 2,4-Д и сульфонилмочевины, что позволяет успешно бороться в её посевах с широколистными двудольными сорняками. Обработка посевов гербицидами против двудольных сорняков проводится в период кущения культуры. Борьба со злаковыми сорняками проводится до посевной период и после уборки урожая.

На сено кормовое просо и просо-бобовые смеси скашивают в фазе выбрасывания метёлки у проса. Семенные посевы проса скашивают при созревании 70-80% семян и метёлок. К обмолоту валков приступают при влажности семян до 15%.

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.: Гидрометеоздат, 1955. – 465 с.
- 3 Утешев А.С. Климат Казахстана. – Л.: Гидрометеоздат, 1959. 370 с.
- 4 Агроклиматический справочник по Кустанайской области. – Л.: Гидрометеоздат, 1958. – 148 с.
- 5 Агроклиматические ресурсы Кустанайской области / под ред. Э.С. Зарембо. –Алма-Ата: Алма-Атинская гидрометеорологическая обсерватория, 1969. – 201 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.: Гидрометеоздат, 1994. – 243 с.
- 8 Шульгин А.М. Агрометеорология и агроклиматология. – Л.: Гидрометеоздат, 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: Гидрометеоздат, 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 стандартизованного 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.: Гидрометеоздат, 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: Гидрометеоздат, 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 Зоидзе 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 суховеев 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 полузасушливых 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 Республика Казахстан. Окружающая среда и экология. Т.3. Под. ред. Медеу. А.Р. 2–е изд. Алматы, 2010. – С. 366–367.
- 52 Официальный Интернет-ресурс акимата Костанайской области [электронный ресурс] – 2008-2015. - URL: <http://kostanay.gov.kz/pasprt-oblasti/statistical-information/> (дата обращения 15.10.2015).
- 53 Воскресенский С.С. Геоморфология СССР: учебник. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1968. - 87 с.
- 54 Сваричевская З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии – Л.: Изд-во «ЛГУ», 1965. – 56 с.
- 55 Веселов В.В., Сыдыков Ж.С. Гидрогеология Казахстана. - Алматы: Институт гидрогеологии им. У.М. Ахмедсафина, 2004. - 484 с.
- 56 Кассин Н.Г. Очерк гидрогеологии северо-восточной части Казахстана и прилегающих к нему частей Сибирского края – Л.: Изд-во «Геол. ком», 1929. – 48 с.
- 57 Ботаническая география Казахстана и Средней Азии / Под ред. Е.И. Рачковской и др. – СПб., 2003. - 424 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. Выпуск 18. Казахская ССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 514 с.
- 60 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.
- 61 Журавлев Г.Г., Задде Г.О. Оценка ветроэнергетического потенциала Кемеровской области // Вестник Томского государственного университета. 2013. – № 376. – С. 175–181.
- 62 Дробышев А.Д., Пермяков Ю.В. Ветровая энергия и ее возможный вклад в ресурсосбережение и экологию Прикамья: учебное пособие. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 1997. – 112 с.
- 63 Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / под ред. Н.В.Кобышевой и К.Ш.Хайруллина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 320 с.
- 64 Республика Казахстан. Том 3: Окружающая среда и экология. Под. ред. Медеу. А.Р. 2–е изд. –Алматы, 2010. – С. 134-147.
- 65 Почвы Казахской ССР. – Алма-Ата: Изд-во «Наука», 1983. – 238 с.
- 66 Почвенная карта Казахской ССР. Под редакцией У.У. Успанова. М–ба 1:2500000. – М.: Изд-во «ГУГК», 1976. – 2 с.

- 67 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.
- 68 Плодородие почв // Национальный атлас Республики Казахстан. Том 3: Окружающая среда и экология. – Алматы, 2006. – 85 с.
- 69 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.
- 70 Соколов А.А. Природные зоны Казахстана // Агрохимическая характеристика почв СССР. Казахстан и Челябинская область. – М.: Изд-во «Наука», 1968. – С. 9–24.
- 71 Дурасов А.М., Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1981. – 152 с.
- 72 Берг Л.С. Географические зоны Советского Союза, учебное пособие. – Т. 2. – М.: Изд-во «Географгиз», 1952. – 510 с.
- 73 Дмитриевский Ю.Д. Природно-ресурсный потенциал и природно-ресурсное районирование // Географические исследования регионального природно-ресурсного потенциала. – Саранск, 1991. – С. 13–20.
- 74 Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан. Астана – 2017.
- 75 Рекомендации по проведению основных полевых работ в земледелии Костанайской области. Костанай, 2002.
- 76 Рекомендации по системе ведения сельского хозяйства. Костанайская область. Кайнар. Алма-Ата, 1979.
- 77 Проведение весенних полевых работ в системе берегающего земледелия в 2016 году: рекомендации. Заречное: Костанайский НИИСХ, 2016.
- 78 Тулаев Ю.В., Аксагов Т.М., Суходолец В.А., Сидорик Е.А., Сидорова Т.А. Берегающее земледелие: методическое пособие. Костанайский НИИСХ, 2016.
- 79 Двуреченский В.И. Целостное берегающее земледелие (нулевая технология). Костанай, 2013.