

Казахский национальный университет имени аль-Фараби

УДК 630\*11 (282.255.51)

На правах рукописи

**ЖАГЛОВСКАЯ АЛИНА АЛЕКСАНДРОВНА**

**Естественная и антропогенная динамика саксаульных лесов  
Иле-Балхашского региона**

6D061300 – Геоботаника

Диссертация на соискание степени  
доктора философии (PhD)

Научные консультанты  
д.б.н., профессор  
Айдосова С.С.

Доктор, профессор  
Михаэль Сукков

Республика Казахстан  
Алматы, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ</b>	4
	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	5
1	<b>ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ</b>	9
1.1	Геоботаническая и лесоводственная классификация саксаульников	9
1.2	Возрастная динамика и продуктивность лесных ценозов	19
1.3	Пространственная структура популяций и самоорганизация древесных ценозов	23
1.4	Измерение и оценка биологического разнообразия растительных сообществ как совокупности ценопопуляций	26
1.5	Обзор исследований анатомической структуры органов растений семейства <i>Chenopodiaceae</i>	29
2	<b>ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА, ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	31
2.1	Природные условия района исследований	31
2.2	Объект и методика исследований	39
3	<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ</b>	52
3.1	Динамика площадей черносаксауловых лесов Иле-Балхашского региона	52
3.2	Возрастная динамика таксационных показателей саксаула черного	56
3.2.1	Вариации таксационных показателей ценопопуляций черносаксаульников различных возрастных групп	61
3.3	Формирование биомассы древесного яруса черносаксауловых сообществ Иле-Балхашского региона	68
3.3.1	Формирование надземной биомассы дерева и биомассы древесного яруса черносаксаулового фитоценоза	69
3.3.2	Особенности формирования надземной биомассы саксауловых лесов Иле-Балхашского региона	72
3.3.3	Продуктивность древесного яруса черносаксауловых фитоценозов	74
4	<b>ЕСТЕСТВЕННАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ЧЕРНОСАКСАУЛОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ</b>	76
4.1	Сравнительная морфо-анатомическая характеристика <i>Haloxylon aphyllum</i> и <i>Haloxylon persicum</i> Иле-Балхашского региона	76
4.2	Структура фитоценозов черносаксауловых лесов	85
4.2.1	Структура популяций черносаксаульников современной дельты реки Иле	88
4.2.2	Флористический состав и пространственная структура ассоциаций саксаула черного современной дельты реки Иле	93
4.2.3	Структура популяций черносаксаульников древней дельты реки Иле	97
4.2.4	Флористический состав и пространственная структура	103

	ассоциаций саксаула черного древней дельты реки Иле	
4.2.5	Особенности возобновления черносаксауловых популяций Иле-Балхашского региона	107
4.3	Оценка биоразнообразия растительных ассоциаций черносаксаульников дельты реки Иле	109
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	115
	<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	118
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b>	133
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b>	135

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями.

**Ассоциация растительная** – единица геоботанической классификации растительности, совокупность однородных фитоценозов.

**Геоботаника** (др. - греч. γῆ «земля» + βοτανικός «относящийся к растениям»), фитоценология или фитосоциология — раздел биологии на стыке ботаники, географии и экологии; наука о растительности Земли, о совокупности растительных сообществ (фитоценозов), их составе, структуре, динамике в пространстве и времени на всей территории и акватории Земли.

**Таксационные показатели:** состав, форма насаждения, возраст, средние высота и диаметр, бонитет, полнота, запас, товарность, тип леса.

**Трансекта** — отмеренная на поверхности почвы узкая прямоугольная площадка для изучения размещения видов, их проекции, численности и т. д.

**Фитоценоз** – растительное сообщество, или сложившаяся совокупность растений, на относительно однородном участке земной поверхности, иначе — автотрофный блок большинства биоценозов.

**Формация растительная** (от лат. *formatio* – образование) – совокупность фитоценозов (растительных ассоциаций), в которых в главном ярусе господствует один и тот же вид.

**Ценоз** – любое сообщество организмов.

**Ценопопуляция** – популяция в пределах фитоценоза.

**ANOVA** (дисперсионный анализ) – метод математической статистики, направленный на поиск зависимостей в экспериментальных данных, путем исследования значимости различий в средних значениях.

**P** (пи-величина) – достигаемый уровень значимости, при котором нулевая гипотеза отвергается для данного значения критерия.

**PCQ метод** (point-centered quarter) – метод для исследования плотности насаждений.

**МБП** (International Biological program) – международная биологическая программа (1974-1984 гг.).

**н.у.м.** – над уровнем моря.

**УГВ** – уровень грунтовых вод.

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Геоботанические исследования растительных сообществ являются актуальными в связи с комплексным изучением состава, структуры, продуктивности, динамики и других характеристик фитоценозов. Результаты геоботанического изучения направлены на восстановление, охрану и разработку научно-обоснованных прогнозов изменения популяций растений. Кроме того исследования позволяют предложить практические рекомендации направленные на поддержание биологического разнообразия и устойчивости фитоценозов.

Объектом нашего исследования является саксаул черный (*Haloxylon aphyllum* Minkw.), слагающий саксауловые леса Иле-Балхашского региона. Саксаул черный – это основная лесообразующая порода лесных массивов Казахстана, которая оказывают прямое влияние на экологическую обстановку, создавая благоприятные условия для жизни людей и ведения сельского хозяйства [1, 2].

Саксауловые леса выполняют такие экосистемные функции как: производство биомассы; закрепление песков, минимизация дефляции почв; смягчение микроклимата, что обеспечивает рост и развитие сопутствующих растений; создание условий для жизнедеятельности животных. Также, пустынные леса являются кормовой базой для животноводства и энергоэффективным биотопливом, используемым местным населением [2, с. 3; 3, 4].

Черносаксауловые сообщества, представляющие собой доминирующую растительность Иле-Балхашского региона, подвергаются антропогенному влиянию (перевыпас, незаконные рубки, пожары и т.д.). Также в связи с уменьшением стока реки Иле, происходят естественные изменения пустынной растительности, сокращаются площади наиболее продуктивных лесов, происходят изменения во флористическом составе фитоценозов, упрощается структура черносаксауловых сообществ.

Актуальность геоботанического исследования черносаксауловых лесов Иле-Балхашского региона продиктована необходимостью четкого представления о состоянии саксауловых фитоценозов, естественной и антропогенной динамике, а также сохранении биологического разнообразия (согласно Конвенции о биоразнообразии (1992), направленной на борьбу с опустыниванием).

Одним из важных моментов является необходимость определения устойчивости и резистентности черносаксауловых лесных экосистем к воздействию естественных и антропогенных факторов. Степень устойчивости наиболее полно раскрывается на основе изучения структуры сообществ и закономерностей его самоорганизации. На основе полученных закономерностей можно предложить объективные рекомендации для рационального ведения лесного хозяйства в Иле-Балхашском регионе.

Кроме того, несмотря на множество исследований саксауловых лесов, комплексных геоботанических исследований структуры фитоценозов Иле-Балхашского региона до настоящего времени не проводилось.

Таким образом, геоботанические исследования, направленные на поддержание и сохранение продукционной способности, защитных и экологических функций, а также сохранение биоразнообразия саксауловых лесов и их вклад в глобальные экологические процессы ныне являются актуальными.

Научные исследования по продуктивности и приросту биомассы саксаула черного выполнялись в рамках международного проекта совместно с Грайфсвальдским университетом имени Эрнста Морица Арндта (г. Грайфсвальд, Германия): «Ecosystem conservation and sustainable land use in the Ili-Delta, Balkhash Lake, Kazakhstan, under decreasing water resources» (Сохранение экосистем и устойчивое землепользование в дельте реки Иле, озера Балхаш, Казахстан, в условиях сокращения водных ресурсов) 2014-2016 гг.

**Цель работы:** изучение закономерностей возрастной динамики и структурной организации фитоценозов черносаксауловых лесов Иле-Балхашского региона.

Для достижения этой цели решались следующие **задачи**:

1. Изучить динамику площадей черносаксауловых сообществ, а также возрастную динамику основных таксационных показателей саксаула черного, произрастающего в современной и древней дельте реки Иле.

2. Установить закономерности формирования биомассы и оценить продуктивность черносаксауловых фитоценозов Иле-Балхашского региона.

3. Выявить особенности морфо-анатомического строения зеленых побегов представителей рода *Haloxylon*, структурной организации и состава черносаксауловых фитоценозов современной и древней дельты реки Иле под влиянием естественных и антропогенных факторов.

4. Провести оценку биоразнообразия растительных ассоциаций черносаксаульников исследуемого региона.

**Научная новизна.** В настоящей работе исследована возрастная динамика основных таксационных показателей *Haloxylon aphyllum*, произрастающего в современной и древней дельте реки Иле. Для черносаксауловых лесов Иле-Балхашского региона получены новые данные о закономерностях формирования биомассы и продуктивности древесного яруса. В результате наших исследований впервые для саксауловых лесов Иле-Балхашского региона проведена оценка структуры сообществ по диаметру корневой шейки, а также возрастной структуры популяций. Установлены закономерности организации структуры ценопопуляций черного саксаула при различной степени влияния естественных и антропогенных факторов. Также проанализирован флористический состав преобладающих ассоциаций черносаксаульников, оценено биологическое разнообразие с использованием индексов биоразнообразия. Предложены рекомендации по лесопользованию и лесовосстановлению *Haloxylon aphyllum* для различных условий произрастания

и стадий формирования структуры фитоценоза. Впервые исследованы особенности анатомической структуры зеленых побегов саксаула черного и саксаула белого, произрастающих в условиях Иле-Балхашского региона в сравнительном аспекте.

**Теоретическая значимость работы** заключается в том, что полученные результаты вносят вклад в развитие существенных аспектов биологических и геоботанических исследований фитоценозов саксауловых лесов. Полученные закономерности популяционной структуры саксауловых лесов может послужить основой для дальнейшего изучения структурной динамики лесных фитоценозов аридной зоны Казахстана.

**Практическая значимость работы.** Результаты геоботанических исследований дополняют и расширяют представление о современном состоянии саксаульников Иле-Балхашского региона. Выведенные регрессионные модели могут быть использованы для актуализации таксационных показателей древостоев саксаула черного и оценки их продуктивных характеристик. Полученные данные по годовому приросту саксаула черного могут быть использованы для лимитирования объемов ежегодной вырубki лесов, а также для обоснования мероприятий по возобновлению и восстановлению лесов. Результаты исследований по биологическому разнообразию растительных сообществ могут быть основой для мониторинга и восстановления саксауловых сообществ, а также для разработки рекомендаций по сохранению биоразнообразия на территориях с интенсивным лесопользованием.

Отдельные результаты работы используются для преподавания дисциплин высшей школы: «Биогеография», «Геоэкология» для студентов Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова (Акт о внедрении в учебный процесс, протокол №8 от 18.03.2016 г.).

Результаты исследования внедрены в производство Баканасского коммунального учреждения лесного хозяйства, Управления природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Алматинской области Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Наименование предложения «Модели биомассы, годичного прироста биомассы черносаксауловых лесов» (сроки внедрения: март 2015 г.).

#### **На защиту выносятся следующие основные положения**

1. Модели возрастной динамики накопления надземной биомассы деревьев и древесного яруса популяций черносаксаульников, продуктивность черносаксауловых ценозов Иле-Балхашского региона.

2. Стадии формирования структуры фитоценозов при разной степени влияния естественных и антропогенных факторов на территории современной и древней дельты реки Иле.

3. Оценка биологического разнообразия преобладающих черносаксауловых ассоциаций Иле-Балхашского региона с использованием индексов биоразнообразия Шеннона и Симпсона.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований были представлены и обсуждены на международных конференциях:

- Международная научно-практическая конференция «Earth: Life in biodiversity» (2013, Лондон, Великобритания);

- Международная научно-практическая конференция «Современное биоразнообразие Чарынского государственного национального природного парка и прилегающих территорий» (2014, Алматы, Казахстан);

- Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Фараби Әлемі» (2015, Алматы, Казахстан);

- Международная научная конференция «Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия» (2015, Чарльстон, Южная Каролина, США);

- Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки» (2015, Санкт-Петербург, Россия).

- Международная научно-практическая конференция XVI Сатпаевские чтения (2016, Павлодар, Казахстан).

**Публикации.** Основные положения диссертации изложены в 13 печатных работах. 1 статья в международном научном издании, входящем в базу данных компании Scopus, 3 статьи в научных изданиях, рекомендованных Министерством образования и науки Республики Казахстан, 9 статей в материалах международных и республиканских конференций.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация изложена на 135 страницах компьютерного текста и состоит из определений, обозначений и сокращений, введения, обзора литературных данных, материалов и методов исследования, результатов и их обсуждения, списка литературы, включающего 246 наименований отечественных и зарубежных авторов. Работа содержит 30 таблиц, 37 рисунков, 2 приложения.



# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Геоботаническая и лесоводственная классификация саксаульников

Для устойчивого и рационального использования лесов необходимо знание биологических, физико-географических особенностей лесных сообществ. Все закономерности и взаимосвязи развития леса должны быть учтены в классификации леса, в которой отражаются биологические особенности древостоя, климатические и почвенные условия и др. По словам Сукачева В.Н. [5, с. 21], для более полного учета особенностей леса необходимо проведение лесной таксации и применение методов лесной типологии, причем при различном уровне развития лесного хозяйства необходим определенный подход к типологии.

Крајина V.J. объединяет все классификации лесов и выделяет три основные категории: 1) экотопические, в которых внимание уделяется на факторы местообитания (экотоп), которые в свою очередь подразделяются на микроклиматические и почвенные; 2) биоценотические, подразделяющиеся на фитоценотические и зооценотические; 3) экосистематические, объединяющие основы двух предыдущих классификаций [6]. Следовательно, фитоценоз является представителем всех экосистемных свойств леса [7].

Геоботаническое понятие фитоценоз и геоботанический подход к классификации леса учитывает такие факторы как полный учет видового состава сообщества, участвующий в обмене вещества и энергии, являющийся индикатором условий среды; установление синузальной структуры сообщества; учет экологических факторов, механизмов взаимодействия компонентов фитоценоза. Растительная ассоциация, являющаяся основной таксономической единицей в фитоценологии есть понятие флористическое, экологическое и фитоценотическое [5, с. 149]. Саксауловые пустыни относятся к пустынной древесной эвксерофильной растительности *Desertiarborosa* (таблица 1).

Таблица 1 – Синонимика типов пустынной растительности

Автор, год	Номенклатурные синонимы типа пустынной растительности
1	2
Прозоровский, 1940 [8]	<i>Desertifruticeta</i> – пустынная полукустарниковая растительность
Кубанская, 1956 [9]	Древесная растительность
Коровин и др., 1958 [10]	Пустынно-древесные заросли
Родин, 1961 [11]	<i>Desertisubarboreta</i> – эвксерофитная пустынная полудревесная растительность
Коровин, 1962 [12]	Галофильная и псаммофильная растительность
Курочкина, 1966 [13]	Пустынная древесная растительность, полудревесная – саксауловые пустыни
Станюкович, Шукуров, 1965 [14]	Пустынные полукустарники

Продолжение таблицы 1

1	2
Быков, 1970 [15]	Подтип <i>Desertisublignosa</i> – саванноидная растительность
Мамонов, 1973 [16]	Галофильная и псаммофильная растительность
Курочкина, 1978 [17]	<i>Desertiaborosa</i> – пустынная древесная эвксерофильная растительность
Рачковская, 1993; 1995 [18, 19]	Гиперксерофильные, ксерофильные микро - и мезотермные полукустарники, полукустарнички, кустарники и полудеревья

Современный период в развитии геоботаники отличается постановкой стационарных исследований в области продуктивности биогеоценозов, а также путей трансформации вещества и энергии. Как и прежде проблемными остаются вопросы классификации растительности и районирования территории. Классификация растительности претерпевает изменения и дополнения в связи с многогранностью и сложностью экологической оценки взаимодействия растений и экологических факторов (рисунок 1). Помимо необходимости учета экологии растений особое значение приобретает структура растительного сообщества. Согласно В.В. Мазингу [20, 21, 22] существует несколько аспектов организации сообществ: флористический, пространственный и функциональный.

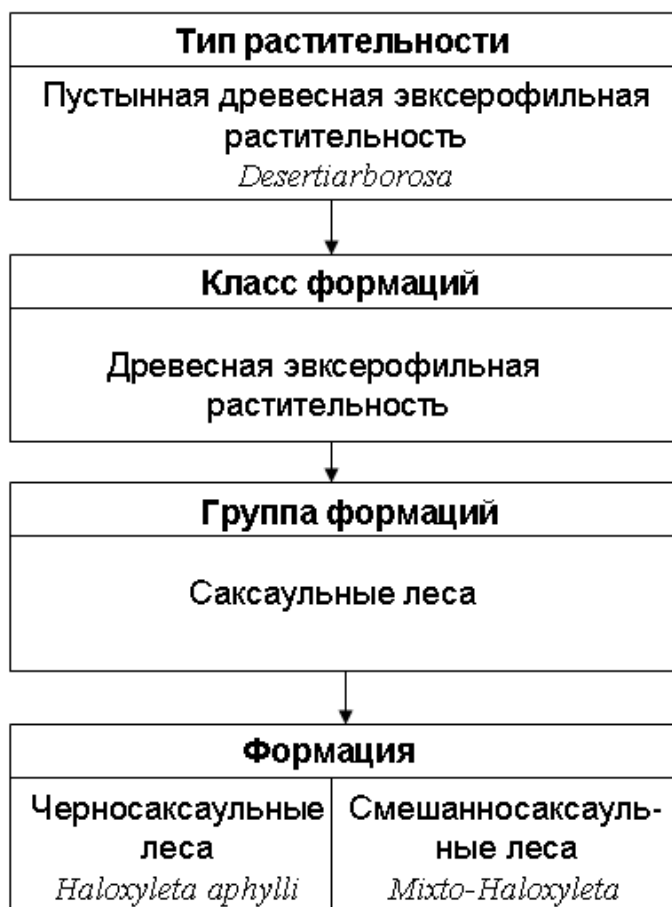


Рисунок 1 – Расположение *Haloxylon aphyllum* Minkw. в геоботанической классификации по Курочкиной Л.Я. [17, с. 87]

Для выявления закономерностей строения, структуры и роста саксауловых лесов необходимо выявить положение объекта исследования в системе таксономической классификации растительности, а также проанализировать различные виды фитоценозов, слагающие саксаулом черным. Согласно исследованиям Л.Я. Курочкиной [17, с. 128], род *Haloxylon* относится к классу формаций древесной эвксерофильной растительности с тремя формациями. Род *Haloxylon* создает 3 формации: белосаксауловые, смешанносаксауловые и черносаксауловые леса. Вид *Haloxylon aphyllum* Minkw. формирует черносаксауловые и смешанносаксауловые леса (рисунок 1).

Дальнейшее изучение состава сообществ с участием *Haloxylon aphyllum* Minkw. сводится к рассмотрению классов и групп ассоциаций саксаульников. Данные группы и классы многими авторами выделяются в зависимости от видов хозяйственного использования лесов, степени антропогенного влияния, экологических условий [17, с. 69; 18, с. 107; 23, с. 76].

В пределах Иле-Балхашского региона Гвоздева Л.П. [23, с. 167] выделяет 2 класса формаций: растительность песчаной и глинистой пустыни. В класс формаций растительности песчаной пустыни относятся белосаксауловая и смешанносаксауловые формации. Черносаксауловая формация относится к растительности глинистой пустыни. В зависимости от рельефа, почв выделяются ассоциации, приуроченные к основным формациям. Таким образом, смешанносаксауловая формация включает в себя 5 ассоциаций, в то время как черносаксауловая формация содержит 13, а белосаксауловая – 10.

На основании геоботанической карты растительности [23, с. 204] была составлена таблица 2, где представлены основные ассоциации саксауловых лесов Иле-Балхашского региона.

Таблица 2 – Разнообразие групп ассоциаций саксауловых лесов (составлено по материалам Гвоздевой [23, с. 204])

№	Группы ассоциаций	Рельеф, почвы	Состав ассоциаций
1	2	3	4
I	Растительность песчаной пустыни		
1	Белосаксауловая формация		
1	Джужгуновые белосаксаульники	Разрыхленные вершины песчаных бугров и гряд	<i>Calligonum aphyllum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
2	Джужгуново-акациевые белосаксаульники	Вблизи населенных пунктов, вокруг колодцев разбитых песков	<i>Calligonum aphyllum</i> + <i>Ammodendron argenteum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
3	Джужгуново-курчавковые белосаксаульники	Вершины песчаных бугров и гряд	<i>Calligonum aphyllum</i> + <i>Atraphaxis spinosa</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
4	Астрагалово-терескеновые белосаксаульники	Верхние части склонов и гряд северо-восточной экспозиции	<i>Astragalus brachypus</i> + <i>Eurotia Ewersmanniana</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
5	Зеленопопынно-терескеновые белосаксаульники	Верхние части склонов и гряд северо-восточной экспозиции	<i>Artemisia albicerata</i> - <i>Eurotia Ewersmanniana</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
6	Изенево-сантолиново-терескеновые белосаксаульники	Северо-восточные склоны грядовые пески, межгрядовые понижения.	<i>Kochia prostrata</i> + <i>Artemisia albicerata</i> + <i>Eurotia Ewersmanniana</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
7	Кзылчево-астрагалово-терескеновые белосаксаульники	Юго-западные склоны гряд	<i>Ephedra lomatolepis</i> - <i>Astragalus brachypus</i> - <i>Eurotia Ewersmanniana</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
8	Эфемерово-терескеново-серополынные белосаксаульничик	Межбугровые и межгрядовые понижения	Эфемеры- <i>Eurotia Ewersmanniana</i> - <i>Artemisia terrae-albae</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
9	Сантолинные белосаксаульники	Вершины высоких гряд	<i>Artemisia santolina</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
10	Ранговые белосаксаульники	Склоны гряд	<i>Carex physodes</i> - <i>Haloxylon persicum</i> ass.
2	Смешанносаксауловая формация		
1	Боялычевые смешанносаксаульнички	Низкие песчаные гряды 2-2,5 м, пылеватые мелкозернистые серые слюденистые пески	<i>Salsola arbuscula</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
2	Боялычево – курчавковые смешанносаксаульнички	Низкие песчаные гряды	<i>Salsola arbuscula</i> + <i>Atraphaxis spinosa</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
3	Рангово-разнополынные смешанносаксаульнички	Низкие песчаные гряды, серые слюденистые пески, глинистые почвы	<i>Carex physodes</i> - <i>Artemisia terrae-albae</i> + <i>A. songarica</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
4	Рангово-серополынные смешанносаксаульнички	Склоны низких песчаных бугров и гряд на уплотненных пылеватых песках	<i>Carex physodes</i> - <i>Artemisia terrae-albae</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
5	Рангово-еркековые смешанносаксаульнички	Северо-восточные склоны бугров и гряд	<i>Carex physodes</i> - <i>Agropyron sibiricum</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> + <i>Haloxylon persicum</i> ass.
II	Растительность глинистой пустыни		
1	Черносксауловая формация		
1	Чингиловые черносаксаульники	Легкие разности сероземных почв	<i>Halimodendron halodendron</i> + <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
2	Тамарисковые черносаксаульники	Легкие разности сероземных почв	<i>Tamarix</i> sp.sp.+ <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
3	Итсигековые черносаксаульники	Солончаковые и солонцеватые почвы	<i>Anabasis aphylla</i> + <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
4	Карабарковые черносаксаульники	Мокрые и пухлые солончаки	<i>Halocnemum strobilaceum</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
5	Серополынные черносаксаульники	Слегка волнистая равнина	<i>Artemisia terrae-albae</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
6	Кейреуковые черносаксаульники	Слегка волнистая равнина	<i>Salsola richteri</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
7	Серополынно кейреуковые черносаксаульники	Легкие разности такырово-сероземные почвы	<i>Artemisia terrae-albae</i> + <i>Salsola richteri</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
8	Кейреуково-серополынные черносаксаульники	Легкие разности такырово-сероземные почвы	<i>Salsola richteri</i> + <i>Artemisia terrae-albae</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
9	Эфемеровые черносаксаульники	Такырово-сероземные остепненные (среднекарбонатные) почвы	<i>Astragalus filicaulis</i> + <i>Matricaria subglobosa</i> + <i>schismus arabicus</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
10	Солянковые черносаксаульники	Такырово-сероземные солонцеватые почвы	<i>Salsola brachiata</i> + <i>Petrosimonia sibirica</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
11	Сочносолянковые черносаксаульники	Такырово-сероземные солонцеватые почвы	<i>Salsola kurbanovii</i> + <i>Salsola nitraria</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
12	Лебедовые черносаксаульники	Нижняя часть древней дельты реки Или	<i>Chenopodium album</i> + <i>Atriplex tatarica</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> ass.
13	Лишайниковые черносаксаульники	Нижняя часть древней дельты реки Или	<i>Calopcola aurantiaca</i> + <i>Collema</i> sp.+ <i>Psora decipiens</i> + <i>Aspicilia alpina</i> - <i>Haloxylon aphyllum</i> .

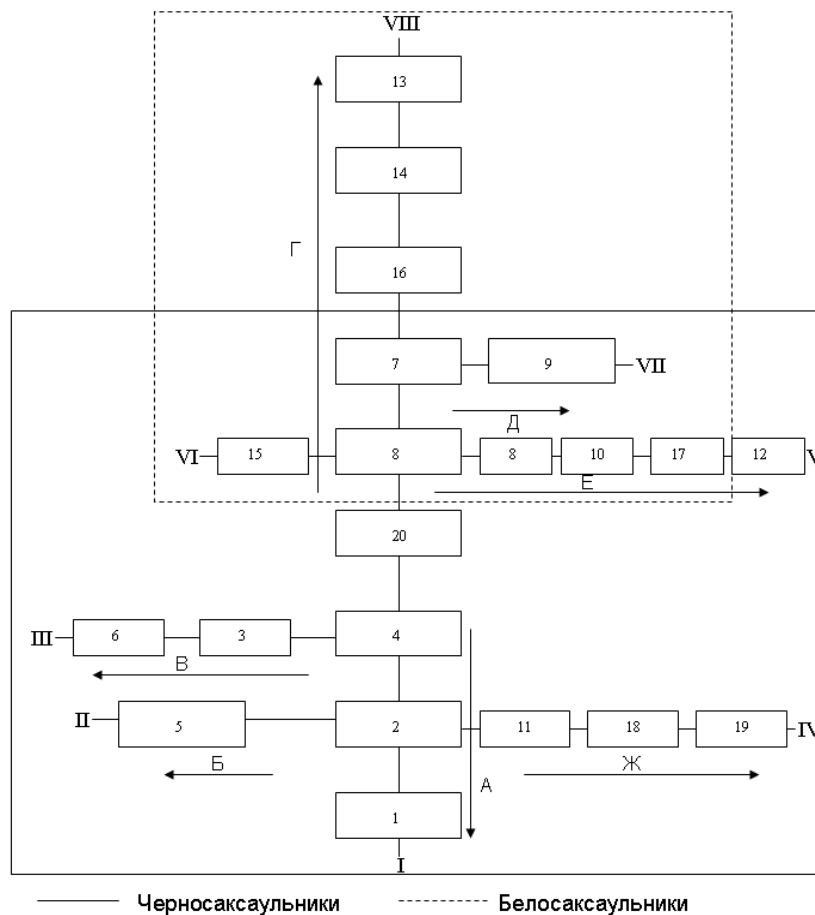
Белосаксаульники произрастают в северной части пустыни, на бугристо-грядовых песках. На Баканасской равнине белосаксаульники встречаются на вершинах бугров и гряд. Белосаксауловая формация состоит из 10 ассоциаций, различающиеся по характеру произрастания. Для вершин бугров и гряд характерны кустарниковые ассоциации (джузгуновые и т.д.), в то время как по склонам бугров, в межбугровых и межгрядовых понижениях произрастают травянистые ассоциации белосаксаульников. Травянистые ассоциации рекомендуют использовать в качестве пастбищ в весенний и осенне-зимний период [23, с. 187].

Смешанносаксауловая формация произрастает в Баканасском треугольнике по низким песчаным буграм и грядам. В основном смешанносаксаульники распространены на невысоких песчаных грядах (не выше 2–2,5 м). Гряды слагаются пылеватыми мелкозернистыми серыми слюденистыми песками, саксаульники произрастают на плотных пылеватых песках, подстилаемыми глинистыми почвами. Формация характеризуется невысокой степенью сомкнутости крон – 0,2–0,3, высотой – 1–2 м, а также небольшой урожайностью [23, с. 192].

Самой распространенной формацией на территории Иле-Балхашского региона по данным Гвоздевой [23, с. 193], на слабоволнистой равнине является черносаксауловая формация, практически на всем массиве господствуют

черносаксаульники. Именно по этой территории леса пересекают пустыню с юго-запада на северо-восток в центральной части и доходят до р. Каратал. Черносаксаульники распространены на пониженных участках рельефа с залеганием грунтовых вод от 3 до 10 м. Самые распространенные ассоциации данной формации: серополынные черносаксаульники и кейреуковые черносаксаульники. Каждая из этих ассоциаций занимают до 30 % всей территории. Наблюдается высокая степень сомкнутости крон – 0,5–0,7. Наиболее продуктивными являются саксаульники сочносолянковые. Высота деревьев достигает 6 м, окружность ствола до 1 м, также здесь наблюдается высокая сомкнутость – 0,5–0,8. На суглинистых почвах произрастают кереуковые черносаксаульники, изреженные и низкорослые. На песчаных почвах преобладают серополынные саксаульники. И, наконец, самыми низкими по продуктивности и незначительности занимаемой площади являются лишайниковые черносаксаульники. В большинстве случаев это умирающие саксаульники.

Особый интерес представляет собой схема экологических рядов саксаульников, составленная Курочкиной [24, с. 273].



I – древние долины рек и тугаи; II – солончаки; III - такыры; IV – щебнистая пустыня; V – полого-бугристые заросшие пески; VI, VII, VIII бугристые и грядовые пески.

Экологические ряды: А – повышение уровня грунтовых вод; Б – засоление; В – опустынивание, отакырывание; Г – опесчанивание; Д – остепнение; Е – уплотнение, пылеватость песка и омоложение; Ж – защелбнение.

Типы саксаульников: 1 – гребенщикова, тугайный черносаксаульник; 2 – однолетнесолянковый черносаксаульник; 3 – однолетнесолянковый черносаксаульник, изреживающийся, опустыненный; 4 – однолетнесолянковый черносаксаульник на супесях; 5 – сочносолянковый черносаксаульник; 6 – биюргуновый черносаксаульник; 7 – черносаксаульник и смешанносаксаульник кустарниковый; 8 – черносаксаульник и смешанносаксаульник полукустарничковый; 9 – еркековый песчаный черносаксаульник; 10 – мелкотравный и эфемеровый смешанносаксаульник; 11 – саксаульчиковый и боялышевский (гаммадный) черносаксаульник; 12 – черносаксаульник моховой; 13 – песчаноакациевый белосаксаульник; 14 – жузгуновы белосаксаульник; 15 – белосаксаульник и смешанносаксаульник полынный; 16 – белосаксаульник травяной (полусаванновый); 17 – белосаксаульник моховой; 18 – полыннобоялышевский зайсанкосаксаульник (гаммадный); 19 – саксаульчиковый зайсанкосаксаульник; 20 – черносаксаульник травяной (супесчаный).

### Рисунок 2 – Схема экологических рядов типов саксаульников Казахстана [24, с. 273]

На схеме представлены ряды олуговения, засоления, опустынивания, отакыривания, остепнения и омоховения саксаульников. На схеме, представленной на рисунке 2, экологические типы можно рассматривать как группы ассоциаций саксаульников. Используя данные схемы, можно определить направленность динамики растительных сообществ. Согласно схеме, тугайные черносаксаульники завершают ряд олуговения пустынных сообществ. Биюргуновы саксаульники начинают ряд отакыривания, завершают который однолетнесолянковый черносаксаульник на супесях. На солончаках произрастает сочносолянковый черносаксаульник, боялычевое сообщество индикатор зацебления.

Состав сообществ подчеркивает своеобразие саксаульников Казахстана. Отличие растительности казахстанских пустынь от центральноазиатских состоит в обилии эфемеров и эфемероидов, полыней, поликарпиков. Здесь произрастают эндемичные виды: *Astragalus brachypus* Schrenk, *Gagea obvoluta* Pavlov, *Eremostachys rotate* Schrenk ex Fisch. & C.A. Mey., *Microcephala subglobosa* (Krasch.) Pobed., *Lappula dsharkentica* M. Pop. et Golosk., *Rosa illiensis* Chrshan., *Cousinia mollis* Schrenk, *Artemisia albicerata* Krasch., *Ephedra lomatolepis* Schrenk и др. [24, с. 276].

В результате исследования, проведенные Бедаревой [25, с. 271], получена карта современного состояния растительности пустыни Сарыесик-Атырау. В качестве показателя для выделения различных типов растительности автор использует эдафические варианты, связанные с различными типами рельефа и разностями. Таким образом, ряды черносаксауловых сообществ в сочетании с рядом однолетнесолянковыми (*Climacoptera lanata* (Pall.) Botsch., *Atriplex tatarica* L. и *Carex physodes* M. Bieb.) относятся к травянистой растительности долин рек. Пелитофитная растительность представлена кейреуковыми (*Salsola orientalis* S.G. Gmel.) сообществами с черным саксаулом, черносаксаулово-белоземельнополынные сообщества (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Haloxylon aphyllum*), черносаксаульники белоземельнополыные (*Haloxylon aphyllum*, *Artemisia terrae-albae*), кейреуково-черносаксауловые (*Haloxylon aphyllum*

Minkw., *Salsola orientalis* S.G. Gmel.), относятся к всхолмленно-равнинному типу рельефа. Псаммофитная растительность представлена саксаулово-псаммофитнокустарниковыми (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Guerke, *Ammodendron bifolium* (Pall.) Yakovlev, *Haloxylon aphyllum*, *Haloxylon persicum*), смешанносаксаульники осоково-белоземельнополынные (*Haloxylon aphyllum*, *Haloxylon persicum*, *Artemisia terrae-albae* Krasch., *Carex physodes* M. Bieb.) на бугристом рельефе. Гемипсаммофитная растительность представлена полынными сообществами (*Artemisia terrae-albae* Krasch., *Salsola orientalis* S.G. Gmel., *Haloxylon aphyllum* Minkw.) и также приурочена к бугристому рельефу. Для наименований гомогенного растительного покрова используется единицы групп и классов ассоциаций в понимании геоботанической школы [25, с. 271].

Однако с точки зрения использования и проведения лесохозяйственных мероприятий только геоботанический подход не способен удовлетворить потребности лесного хозяйства. В этом плане необходима лесная типология, основанная на выделении типа лесного биогеоценоза. Поэтому тип леса является основной классификационной единицей лесотипологического подхода. Тип леса, по Сукачеву [26, с. 280], это совокупность лесных биогеоценозов, подобных по сложению ярусов растительности, определенной фауны, а также климатических, почвенно-гидрологических, почвенных условий (лесорастительные условия), наличия различных взаимоотношений между растениями и окружающей средой; по направлению смен растительности и восстановительным процессам на участках леса и, как, следствие требующих разработки и применения одних лесохозяйственных мероприятий при определенных экономических условиях.

Также, может быть оценена территория, не покрытая лесом. Для этого используются классификация типов лесорастительных условий по степени пригодности для разведения леса. Необходимо учитывать, что различные хозяйственные мероприятия (рубки главного использования, уход за лесом, содействие естественному, искусственному возобновлению, защита леса и т.д.) требуют определенного типа леса, со свойственными ему естественноисторическими и лесоводственными характеристиками.

На основании геоботанической классификации с учетом принципов лесной типологии Курочкина предложила 19 типов лесопастбищных угодий, соответствующих классам или группам ассоциаций саксаульников. Данная типология учитывает интересы лесоводов и животноводческого хозяйства, в ней выделяется 4 группы саксаульников: лесные (эксплуатационные) саксаульники; лесопастбищные с возможной эксплуатацией; почвозащитные; рединовые саксаульники – пастбища с полнотой 0,2 и ниже [27].

В типологии саксауловых лесов, Пашковский [28] выделил 17 типов лесов, которые объединены в 3 группы типов леса. 1 группа – саксаульники высоких песчаных гряд, бугров и склонов. К первой группе относятся жузгуновыи белосаксаульник, осоковый белосаксаульник, осоково-полынный смешанносаксаульник. 2 группа – саксаульники, приуроченные к невысоким всхолмлениям, песчаным грядам, буграм и их склонам, включающая белосаксаульник разнотравный, смешанносаксаульник осоково-полынный по



погребенному аллювию, черносаксаульник злаково-разнотравный, черносаксаульник белополынный по невысоким всхолмлениям, черносаксаульник белополынный по погребенному аллювию, черносаксаульник солянково-полынный. 3 группа – саксаульники, произрастающие на равнинах (приуроченные к древнеаллювиальным отложениям, старым руслам и протокам): черносаксаульник разнотравный, черносаксаульник кейреуково-солянковый, черносаксаульник эфемерно-солянковый, черносаксаульник кейреуково-полынный, черносаксаульник кейреуковый, черносаксаульник биюргуново-солянковый, черносаксаульник биюргуновое предпесковый, черносаксаульник биюргуновое припойменный.

Типологии саксаульников, предложенные Пашковским К.А. [28, с. 29], и Михайленко О.Е. [29] основаны на различных лесорастительных условиях и включают в себя 6 типов черносаксауловых лесов и 3 типа белосаксаульников (таблица 3).

Для саксауловых лесов Республики Казахстан Михайленко О.Е. [29] разработаны лесорастительные районы. В основу выделения лесорастительных условий и соответствующих им типов леса в Баканасском управлении лесного хозяйства принята типологическая схема, разработанная и впоследствии дополненная учеными КазНИИЛХ [30].

Таблица 3 – Саксаульники различных типов леса (составлено по материалам Пашковского К.А. [28], Михайленко О.Е. [29])

Лесорастительные условия	Типы леса
Древне-аллювиальные песчано-суглинистые равнины надпойменных террас реки Иле	Черносаксаульники тугайные суглинистых равнин
	Черносаксаульники травяные супесчаных равнин
Предпесковая зона пустынь Кызылкум и Сарыесик-Атырау – контактная зона с песчаными пустынями	Черносаксаульники такыровые предпесков
	Черносаксаульники солончаковые предпесков
	Черносаксаульники песчаных наносов
	Белосаксаульники полынные предпесков
Пески пустынь Кызылкум и Сарыесик-Атырау	Белосаксаульники жузгуновые бугристо-грядовых песков
	Белосаксаульники травяные бугристо-грядовых песков
	Черносаксаульники кустарниковые (терескен) Прибалхашья
	Черносаксаульники терескеновые бугров Мойынкумов

Типы лесорастительных условий произрастания саксауловых лесов установлены по ключевыми показателями: рельефу, ландшафтному положению и почвам. Каждой формации саксаульников соответствует определенные условия произрастания. Так, черносаксаульники произрастают на слабоволнистых равнинах, в понижениях и микропонижениях между песчаными буграми и грядами с такыровидными, солончаковыми, суглинистыми и супесчаными почвами. Смешанным саксаульникам соответствуют равнины, вершины и склоны песчаных бугров с различными

экологическими рядами. В свою очередь белосаксаульники произрастают по вершинам гряд и на песчаных почвах.

На основании данных предоставленных лесоустроительным предприятием составлена таблица лесорастительного районирования саксауловых лесов (таблица 4).

По данным лесного хозяйства преобладающими насаждениями являются черносаксаульники, на их долю приходится 88% саксаульников, в то время как белосаксауловые леса занимают 12 %. Из саксауловых типов леса наибольшее распространение имеют черносаксаульники прирусловые на супесчаных и суглинистых почвах – 49,5 % и черносаксаульники песчаных наносов предпесков – 29,2 %. Черносаксаульники прирусловые песчаных и суглинистых равнин являются наиболее производительными саксаульниками с лучшими условиями произрастания [30, с. 99].

Таблица 4 –Лесорастительное районирование саксауловых лесов (составлено автором на основании материалов Баканасского лесхоза [30, с. 101])

Тип леса	Рельеф, ландшафт	Почвы	Подлесок (представители родов)	Покров (представители родов)
Черносаксаульники прирусловые песчано-суглинистых равнин	Надпойменные террасы, слабоволнистые равнины	Такыровидные, солончаковые, суглинистые и супесчаные	<i>Halimodendron, Krascheninnikovi a, Tamarix</i>	<i>Salsola, Artemisia</i>
Редины черносаксаульников	Надпойменные террасы, микропонижения на равнине	Такыры	<i>Calligonum, Tamarix</i>	-
Редины черносаксаульников	Равнина в предпесках	Солончаки	<i>Halimodendron</i>	<i>Salsola</i>
Черносаксаульники песчаных наносов предпесков	Песчаные всхолмления с песчаными буграми, понижения между ними	Пески развеваемые	<i>Calligonum, Krascheninnikovi a</i>	<i>Carex, Artemisia, Bromus, Alyssum</i>
Смешанные саксаульники предпесковой зоны	Равнины вершины и склоны песчаных бугров	Пески закрепленные, сероземы	<i>Calligonum, Tamarix</i>	<i>Artemisia, Carex, Alyssum</i>
Черносаксаульники песчаных наносов предпесков	Понижения межгрядовые	Песчаные корковые	<i>Astragalus, Krascheninnikovi a</i>	<i>Artemisia, Stipa, Bromus</i>
Белосаксаульники жузгуновые бугристо-грядовых песков	Вершины гряд	Пески	<i>Calligonum, Astragalus</i>	<i>Carex, Alyssum, Schismus</i>

Многими учеными изучалась типология и классификация саксауловых лесов и представлены различные результаты исследований. Блоговещенский Э.Н. [31], при изучении саксаульников в пустыне Каракум выделил различные типы, в зависимости от полноты и различными гидрогеологическими условиями. По условиям водоснабжения он выделял тип, характерный зоне капиллярного подъема подземных вод (глубиной 3–4 м); к данному типу относятся эфемеровый, шведовый, нитрариевый саксаульники, произрастающие при полноте 0,4. Следующий тип саксаульников относится к насаждениям с питанием пермацидной и конденсационной влагой с глубиной грунтовых вод 15–25 м, при полноте 0 саксаульники илаковый и селиновый имеют высоту до 3,5 м и произрастающий редколесьями. Последняя группа саксаульников произрастает территории с глубиной грунтовых вод около 25 м. К этому типу относятся кустарниковые саксаульники, приуроченный к такырам и сухим пылеватым пескам.

Пашковский К.А. [32] выделял типы и группы саксаульников в пустыне Мойынкум в зависимости от рельефа. Так, им выделены равнинные саксаульники, приуроченный к супесям, суглинкам, такырам и солончакам; саксаульники невысоких гряд и барханов, которые произрастают на супесях. Также Пашковским выделен тип смешанносаксаульников (черный и белый саксаул), произрастающий на песках, супесях и склонах высоких гряд.

Таким образом, геоботанические и лесоводственные подходы к классификации саксауловых лесов отражают различные аспекты. Так, при геоботанической классификации выделяется биоценотическая категория с описанием экотопического состояния, учитывается полный видовой состав сообщества, динамика. При лесоводственном подходе выделяется тип леса, который также учитывает характеристики растительности, лесорастительные условия, однако, основная цель классификации – оценка для проведения лесохозяйственных мероприятий.

## **1.2 Возрастная динамика и продуктивность лесных ценозов**

Изучение возрастной динамики растительного сообщества необходимо для решения различных целей геоботанических исследований, таких как закономерности его формирования, оценка и прогноз состояния лесных ценозов и т.д. Также возрастная динамика отражает различные условия произрастания лесного фитоценоза. Ход возрастных изменений таксационных показателей в определенных условиях произрастания и в насаждениях различных пород отражает направленность динамики леса [33]. В настоящее время изучение закономерности роста и производительности древостоев является важной задачей геоботаников и лесоводов.

Если рассматривать рост как продуктивность древостоя, который формирует лесную динамику и устойчивость фитоценоза по определению некоторых авторов следует рассматривать динамику роста отдельного дерева и древостоя [34]. При исследовании динамики роста дерева учитываются следующие пространственные характеристики: высота, диаметр, объем. Данные характеристики называют таксационными показателями. Если рассматривать

совокупный рост древостоя, то он определяется как средние величины таксационных показателей отдельных деревьев [34, с. 280; 35-39].

На производительность древостоев влияет ряд факторов. По мнению Антанайтис и др. [40] на возрастную динамику таксационных показателей оказывают влияние такие факторы как: различные условия произрастания; особенности биологии древесной растительности, произрастающие породы в древостое; в каких условиях сформировалось насаждение; генетические особенности особей, возрастная структура популяции, их возраст; густота древостоя; территориальная структура популяции; рельеф; определенная занимаемая ниша древостоя; степень захламленности леса; различная степень загрязнения окружающей среды; экзогенные факторы (климатические, стихийные бедствия); географическое положение, в.н.у.м.; антропогенные изменения.

В исследованиях Лира и др. [41] все факторы, оказывающие влияние и обуславливающие рост и продуктивность древостоя подразделяются на три группы: влияние времени, воздействие внешней среды и наследственные качества особей, составляющих совокупность. В настоящее время учесть факторы наследственных особенностей каждого дерева и влияния внешних условий окружающей среды является достаточно сложным моментом при определении динамики роста древостоя, поэтому данные критерии не учитываются [42].

Моделирование возрастной динамики производительности древостоя основывается на математико-статистических методах. Использование методов регрессионного анализа, а также применение теорий распределения для моделирования роста древостоя в настоящий момент широко распространен [43–45].

Также, назрела необходимость, по мнению многих исследователей, разработать модель, которая бы отражала динамику роста и развития леса [46–50].

Одним из самых достоверных методов для исследования возрастной динамики является статистический метод. Базой данных для статистической обработки являются полевые исследования с измерением таксационных показателей каждого дерева [35, с. 359]. Данный метод позволяет оценить и спрогнозировать тенденции развития фитоценоза в целом [34, с. 283]. Полученные экспериментальные данные необходимо сгруппировать определенным образом для определения хода роста древостоя. В отношении данного вопроса выделяют два подхода: экологический и таксационный. При экологическом подходе в качестве классификационного показателя выделяют тип леса [51], при таксационном подходе – бонитет [52]. При экологическом подходе учитываются качественные признаки древостоя, что сложнее представить в качестве математической модели [53, 54], поэтому статистические данные дополняются классом бонитета [55].

Среди основных вопросов классификации древостоев, спорным остается момент, на чем основывать данную классификацию: на классе бонитета либо на типе леса?

При использовании класс бонитета при определении хода роста можно допустить применение статистическую обработку данных на основе унифицированных лесотаксационных нормативов. Такой подход применяется в лесоводстве и класс бонитета является основой для массового составления таблиц хода роста [56]. Данный подход, используемый для нужд сельского хозяйства, отражает продуктивные свойства леса для возможности использования сырья. Для оценивания экологического, геоботанического состояния лесных фитоценозов необходимо использование экологического подхода [57–59]. Средняя высота и возраст древостоя характеризует класс бонитета, но снижение класса бонитета можно наблюдать в зависимости от возраста в различных древостоях, особенно при проведении рубок насаждений [60–63]. Н.В. Третьяков определяет идею использования бонитета для построения таблиц хода роста как не состоятельную. В ходе своих исследований он выделяет различные типы роста насаждений. Так, существуют насаждения с нормальным ростом, а также различной скоростью роста в молодом и старом состоянии (замедление роста в старом и ускорение в молодом и наоборот) [63, с. 33]. Следует отметить, что один и тот же тип леса может относиться к разным классам бонитета, в то время как насаждения, произрастающие в различных лесорастительных условиях могут относиться к одному классу бонитета [64].

Исследование возрастной динамики таксационных показателей, основано на разработке моделей роста древостоя с дифференциацией: составу пород в древостоях (чистые и смешанные древостои); возрастной структуре популяций (одновозрастные и разновозрастные популяции); по различному типу происхождения (искусственные и естественные леса); по густоте древостоев (полные или нормальные и неполные); по влиянию различной антропогенной нагрузки [40, с. 120].

При инвентаризации черносаксаульников в таблицах хода роста отдельного дерева и древостоя казахстанскими учеными учитывалось значение средняя высота дерева и средний диаметр корневой шейки [65]. П.М. Логуновым [66] были составлены таблицы надземной фитомассы белого и черного саксаула. Т.Х. Токмурзиным на основе своих исследований для черносаксаульников составлены таблицы, в которых автор использует в средний диаметр кроны, высоту и густоту насаждений при этом учитываются биологические особенности деревьев [67]. При разработке таблиц хода роста казахского лесоустроительного предприятия использовались средний диаметр кроны, высота и сумма площадей проекций крон [68]. В качестве основных параметров фитомассы другие авторы [25, с. 197; 69–72, 73] в дополнение к основным таксационным параметрам использовали возраст, полноту древостоя и густоту саксаульников. Одно из последних исследований, касающихся биомассы саксаульников было проведено Вугас и др. [2, с. 5], для наземной и подземной биомассы по основным показателям: высота, диаметр корневой шейки, диаметр кроны.

*Продуктивность лесных фитоценозов.* Активные исследования, направленные на изучение структуры лесной биомассы начались в

соответствии с Международной биологической программой (1964–1974 гг.), которая была принята в г. Париже (Франция) 25 июля 1964 года. Цель Международной биологической программы – определение закономерностей распределения органического вещества, получение максимальной продуктивности на единицу площади; выявление особенностей воспроизводства органического вещества для рационального использования. Широко начали проводиться исследования по биологической продуктивности лесов после ратификации документов: «Глобальный план действия по охране окружающей среды» (конференция ООН, 1992 г.), «Конвенция по изменению климата» и рамочное соглашение о «Лесных принципах». Леса стали рассматривать как способ уменьшения глобального изменения климата, благодаря использованию их как биологического щита [74].

Рассматривая хронологию этапов изучения продуктивности лесов, Колтунова [34, с. 126] выделяет три основных этапа.

*Первый этап* включает в себя разработку методических основ исследований продуктивности лесных сообществ. Исследования проводились многими учеными [75–77].

*Второй этап* ознаменовался формированием методических приемов полевых исследований и математико-статистической обработки экспериментальных данных. Широко использовались аллометрические зависимости биомассы и таксационных признаков деревьев и древостоев [78, 79].

*На третьем этапе* проводились исследования, направленные на биогеоценологическую и ресурсоведческую продуктивность лесных сообществ, с применением множественного регрессионного анализа [80–83]. С этой точки зрения наиболее содержательными являются работы Молчанова [84], Уткина [85], Родина, Базилевича [86]; Позднякова [87] и других.

В Казахстане известна школа Т.Х. Токмурзина [88, 89], как первая разработавшая методы и модели для определения биологической продуктивности лесов, а также таблицы хода роста древостоев. Данные модели включали в себя уравнения регрессии по определению фитомассы, которые характеризовались онтогенетическими и эколого-ценотическими факторами. В. А. Усольцева [47, с. 199] считал, что данный методический подход на основе множественного регрессионного анализа по моделированию фитомассы является успешным при условии оптимального выбора переменных [34, с. 267; 81, с. 5].

Данные о запасах и продуктивности биомассы не достаточно полно отражают текущее состояние лесов, в то время как таксационная характеристика является достаточной на данный момент. Широко используемый метод для составления моделей биологической продуктивности является определение значения биомассы в одном возрастном ряду [74, с. 265].

*Биологическая продуктивность черносаксаульников.* Черносаксауловые леса являются самыми продуктивными среди формаций аридных областей. Запасы фитомассы в них в субтропических пустынях могут достигать 60 т/га, а продукция — 10 т/га/год. Минимальны запасы фитомассы на такырах и слабо

заросших песках — около 1 т/га. Продукция такыров более 1,5 т/га/год с учетом продукции водорослей, столь характерных для такыров. Продукция растительности слабо заросших песков не превышает 0,2 т/га/год.

Черносаксаульники являются неотъемлемым компонентом псаммофитных пустынь на грядово-бугристых песках. большей частью они занимают понижения между буграми, занятыми белосаксаульниками [90, 91]. В структуре фитомассы на долю подземных органов черносаксаульников приходится до 48%. Доля же зеленых частей около 10%. Из этих соотношений следует, что в этих формациях весьма большое значение имеют одревесневшие надземные части. Продукция черносаксаульников почти в 4 раза выше, чем белосаксаульников (6,7 т/га/год). Формируется она в основном за счет прироста подземных органов. По отношению к фитомассе продукция составляет более 50% [92].

Таким образом, исследование динамики роста, продуктивности отдельного дерева, а также древостоя является необходимым условием для понимания закономерностей функционирования лесного сообщества. Полученные модели роста, продуктивности могут быть использованы для определения запаса углерода в лесах, а также для различных целей лесного хозяйства, в зависимости от функций насаждений. Для эксплуатационных функций леса определяется ряд практических вопросов касающихся ведения сельского хозяйства, правил выращивания леса, подбора оптимальной густоты, породного состава и структуры древостоя, разработка программ санитарных рубок, а также рубок ухода, разработка рекомендаций по вопросам рационального использования насаждений. Полученные модели могут быть полезны для выявления закономерностей роста и продуктивности древостоев. По Нагимову З.Я. [93] выявленные корреляционные зависимости между различными таксационными показателями, возрастом, биомассой и продуктивностью являются основанием для разработки рекомендаций по лимитированию рубок лесов с учетом различного их использования.

### **1.3 Пространственная структура популяций и самоорганизация древесных ценозов**

В результате постоянного обновления и изменения взглядов и совершенствованию методов науки происходит смена парадигм, которая дает более совершенное понимание процессов, происходящих в природе. В данное время наука переживает период междисциплинарности, когда одно исследование сложно отделить от другого. В результате данной закономерности появилась новая парадигма - синергетика, которая занимается изучением систем различной природы, компонентов системы, взаимодействующих между собой. Синергетическая парадигма рассматривает мир как системную организацию, находящуюся в единстве, а также подчиняющуюся определенным законам развития материальных подсистем, необратимности и одновременности всех процессов. Синергетика разъясняет появление структур в процессе самоорганизации [94]. Буданов [95] рассматривал синергетическую парадигму с точки зрения эволюционного

характера структур, определенных стадий развертывания процессов. В рамках синергетической парадигмы можно рассматривать и исследования в области фитоценологии (геоботаники) [96, 97].

Важной характеристикой растительного покрова, так же как и систем любой природы, является нелинейность происходящих в нем взаимодействий. Она выражается в том, что будущая структура этой системы не predetermined; в ходе развития, находясь в неустойчивом состоянии, она выбирает наиболее оптимальный путь и оптимальную форму самоорганизации, характеризующуюся определенной структурой и порядком элементов. Для растительного покрова одной из таких структур является распределение видов конкретной флоры по конкретным местообитаниям на ландшафтно-экологическом уровне, а также возникновение определенного набора функциональных частей внутри каждого растительного сообщества [94, с. 157].

Каждая система, в том числе и растительное сообщество, стремится к устойчивому состоянию. Поэтому каждый вид, в ходе своего развития занимает определенную экологическую нишу в различных фитоценозах, занимая то доминирующее положение, то второстепенное [98]. Процесс установления равновесия системы, определения оптимальной структуры и положения видов исходит из определенного момента, данный момент в синергетике называют «точкой бифуркации». То есть состояние неустойчивости экосистемы способствует ее развитие в наиболее оптимальном направлении. Некоторые авторы доказывают, что стратегической целью биологических систем является стремление к выживанию самим или способствованию выживанию систем вышестоящего уровня [96, с. 46]. Таким образом, для достижения устойчивости фитоценоза необходим набор всех подходящих для данного местообитания потенциальных компонентов. В результате выведения из равновесия такие системы быстро восстанавливаются, благодаря наличию компонентов, занимающих различное положение в фитоценозе. Такой подбор видов является процессом биохимической оптимизации [5, с. 151; 99]. Порядком для экосистемы является поддержание биологического круговорота в таком состоянии, чтобы вещество возвращалось обратно к растениям почти полностью и почти полностью включалось ими в новый цикл круговорота, а не рассеивалось за пределами экосистемы [100, 101, 102, 103]. Неустойчивые экосистемы очень чувствительны к внешним возмущениям. В результате этих воздействий система, изменяя свою структуру, может перейти в различные состояния [104].

Растительный покров является скорее процессом, нежели объектом, и самое интересное в нем – его динамика [105]. В структуре сообщества постоянно происходят изменения, вызванные внешними факторами, а также внутренней динамикой, которые в дальнейшем выражаются определенной закономерностью динамики всего сообщества. Такая сукцессия (динамика) отражает развитие сообщества путем закономерных смен отдельных стадий. Для каждого сообщества смены их ассоциаций характерны и фиксированы. При выявлении закономерностей организации сообщества можно проследить упорядоченность его структуры и механизмы самоорганизации [94, с. 78].



Процесс самоорганизации начинается при нахождении экосистемы в неравновесном состоянии, т.е. система должна быть в состоянии «хаоса». Однако необходимое условие-это достаточное количество поступающих в нее элементов для способности системы выйти из неустойчивого состояния. В любой системе со временем, по мнению исследователей Лоскутова А.Ю., Аршинова В.И. и др. [104, с. 64; 106], назревает необходимость качественной смены (перестройки) самой структуры.

Из всех типов растительности наиболее сложное и в большинстве случаев достаточно ясно выраженное морфологическое расчленение имеют лесные сообщества. Однако динамика лесных сообществ проходит намного сложнее [107]. Разные исследователи предлагали различные типы сукцессионных смен [108, 109]. Однако имеется определенный набор направлений этих смен, которые зависят от наличия экологического потенциала, флоры [110, 111].

Дифференциация деревьев по толщине тесным образом связана с эндо - и экзогенными сукцессиями лесной растительности. Важным вопросом при этом является выяснение закономерностей образования ценотических групп деревьев в процессе динамики [94, с. 94]. При анализе литературных источников было выявлено, что исследования закономерностей динамики рядов распределения деревьев проводились многими авторами [112–114].

Ястребов А.Б. [114, с. 58] предложил следующую схему хода распределения древостоя. При начальном формировании древостоя практически не дифференцирован, в дальнейшем при росте деревьев и формировании ризосфер и кроны наблюдается конкуренция между особями различных ценопопуляций, которые разделяются на 2 группы. Небольшая доля деревьев становится господствующим классом, большая часть деревьев находится в угнетенном состоянии первого порядка. Далее, в господствующем классе происходят подобные изменения и вследствие конкуренции возникают группы угнетенных деревьев второго и третьего порядка и так далее. Этим преобразованиям сопутствует переход деревьев из класса господствующих деревьев в угнетенный.

Исследования Василенко Н.А. [94, с. 128] показывают, что для доминирования и устойчивого положения вида в древостое, он должен сформировать определенную ценопопуляцию из ценотических групп деревьев по толщине диаметра. Кроме этого, для устойчивого развития фитоценоза необходимо постоянное пополнение системы подростом, а наличие всходов под пологом древостоя образует резерв для замены материнских поколений [115]. Таким образом, наиболее устойчивая структура имеет три ценотических класса, оптимальное количество, постоянно поступающих в ценоз элементов, не превышающих ресурсный потенциал местообитания. В результате такого функционирования в таком фитоценозе установится стационарное состояние [104, с. 167].

При применении детерминистического подхода к изучению растительного покрова выделяют функциональные структурные части растительных сообществ – ярусы, ценочейки, синузии, которые возникают в результате

дифференциации растительного покрова на ценоотическом уровне организации [116, 117].

По мнению Василенко [94, с. 24]: на процесс формирования древостоя первостепенное значение имеют наследственные признаки отдельной особи, которые отличаются по размеру семян, скорости их прорастания. Кроме наследственных признаков оказывают влияние микроусловия и время произрастания. Однако основным фактором, влияющим на протяжении всего периода роста древостоя является взаимодействие между особями, а также условия произрастания, хозяйственная деятельность человека и так далее [118, 119]».

Степень сомкнутости древостоя, простота или сложность видового состава и характера строения в естественных условиях зависят в значительной степени от климатических и почвенно-грунтовых условий. Чем более неблагоприятны почвенно-грунтовые условия для жизни леса, тем более однообразна растительность, низкорослен и разрежен древостой и тем проще его ярусное сложение, часто проще его мозаичность [120].

Лесоводы обратили внимание, что деревья в лесу, особенно молодое поколение, распределены неравномерно, а группами различного размера. Ф.Ф. Симон [121] назвал их «био группами», под которыми он понимал небольшие группы деревьев в лесу одного или разных видов, характеризующиеся тем, что отдельные деревья образуют общий шатер в результате смыкания крон.

Изучением био групп и выявлением закономерностей их пространственного строения, влияния состава и густоты био групп на рост и развитие в них деревьев, а также динамики их в древостое занимались многие исследователи [122, 123].

И.В. Семечкин [124, с. 219] пишет, что устойчивость сообщества обусловлена тем, что все таксационные признаки древостоя связаны между собой отражены в средних показателях дерева. В настоящий момент закономерности строения и роста древостоев в достаточной мере изучены. Однако таксацию разновозрастных элементов леса целесообразно проводить по целым поколениям, которые обладают закономерностями строения и роста древостоев [125].

#### **1.4 Измерение и оценка биологического разнообразия растительных сообществ как совокупности ценопопуляций**

По словам профессора Бедарева С.А. [126] «основной задачей фитоценологии (геоботаники) является изучение растительных сообществ и их структуры, а также закономерности ее изменений в пространстве и во времени в зависимости от природных и антропогенных факторов. Существуют различные трактовки понятия растительное сообщество или фитоценоз. По определению Быкова Б.А. [127, с. 34], «фитоценоз – это устойчивая и саморегулирующаяся форма совместного существования организмов в условиях создаваемой ими среды». По мнению Миркина Б.А. [96, с. 12], фитоценоз - это автотрофный блок экосистемы (фотосинтезирующий элемент биогеоценоза), совокупность популяции растений, связанных условиями среды

и взаимоотношениями в пределах более или менее однородного участка территории.

При изучении состава растительного сообщества его необходимо рассматривать как совокупность отдельных ценопопуляций, каждая из которых характеризуется своей экологической нишей [126, с. 32].

Изучение любого растительного сообщества следует начинать с описания его флористического состава [128]. Флористический состав понимается не как список видов, а как совокупность конкретных ценопопуляций [126, с. 33]. Число ценопопуляций в сообществах может меняться в зависимости от факторов среды и условий местопроизрастания. Благоприятные условия среды предполагают увеличение биоразнообразия, однако может происходить и его снижение, т.к. увеличивается число особей доминантов. Также на видовое биоразнообразие оказывает влияние время, чем старше сообщество, тем выше число формирующих его видов. Ценопопуляции одного вида могут иметь большое значение в одном случае и незначительное – в другом.

В целом, флористический состав характеризуется рядом показателей. Одним из основных является видовое богатство. Флористическое (видовое) богатство – это количество видов, произрастающее в данном сообществе (флористическое богатство сообщества) или в данной ассоциации (флористическое богатство ассоциации) [128, с. 175]. Whittaker [129] относит флористическое разнообразие сообщества к альфа-разнообразию, которое измеряется определенным числом видов на единицу площади или объема, измеряемое выравненностью видов.

Биологическое разнообразие рассматривается как видовое богатство и каждый вид рассматривается с точки зрения реальной или потенциальной ценности для человека. Таким образом, по определению Одума Ю. [130] видовое разнообразие обуславливает сложность строения сообществ и в случае изменения системы в первую очередь происходит перестройка видовой структуры. Биоразнообразие может быть описано законами, один из них предложенный Винером-Шенон-Эшби (по Реймерсу Н.Ф. [131]), говорит о том, что для того, чтобы система обладала устойчивостью необходимо разнообразие ее внутренних элементов для преодоления внешних и внутренних изменений.

Биоразнообразие отражает состояние растительного сообщества и нуждается в оценке и постоянном наблюдении. При таком рассмотрении биоразнообразие может использоваться в качестве экологического индикатора антропогенного воздействия на растительные сообщества или естественной его динамики. Для выявления динамики фитоценоза необходимы показатели, которые будут отражать изменения.

Биологическое разнообразие обычно понимается как видовое богатство. Однако наиболее интересным и информативным является не прямой подсчет видов, а относительное обилие того или иного вида. Очень редкое явление равномерное распределение видов в сообществе, чаще всего большинство видов в сообществе малочисленны, немногие виды обильны [132]. При оценке разнообразия используются два фактора: число видов и выравненность, которая

обычно используется зарубежными исследователями. В отечественных работах чаще встречается равномерность распределения, обилие видов.

Для объективной оценки биологического разнообразия, структуры сообщества применяются различные индексы. Индексы, предлагаемые для оценки биоразнообразия, по определению Залепухина [133, с.125], следовать требованиям.

1. Индекс не должен быть чувствительным к изменениям обилия массовых видов, появление и исчезновение редких видов.

2. Индекс биоразнообразия должен отображать параметры каждого вида равноценно, а не должен зависеть от параметров каждого отдельного вида.

3. Индекс должен быть экологической направленности, обладать определенными статистическими свойствами, которые могут быть интерпретированы и использованы в подобных расчетах.

4. В ходе расчетов каждый вид должен быть включен в индекс по мере его обилия в сообществе.

В.В. Снакин [134] дает определение индексам видового разнообразия как определенным отношениям числом видов и значимым для сообщества показателем (численность, биомасса, продуктивность и другое).

В литературе приняты различные показатели, использующиеся для определения видового разнообразия. Индексы видового богатства используются для определения числа видов в сообществе. Кроме индексов также используются модели видового обилия, которые отражают распределение обилий видов. Для описания обилия видов существуют индексы, к ним относятся индексы Шеннона, Симпсона. Особенностью данных индексов является объединение видовое богатства и выравненности.

Выбор индексов разнообразия для исследования видового богатства сообщества является основным вопросом. Индексы, которые наиболее распространены для расчетов: биологического разнообразия и доминирования Симпсона, индекс Шеннона и показатель выравненности.

Индекс Симпсона, индекс разнообразия Маргалефа относятся к индексам видового богатства, которые отражают число видов в определенной выборке и их распределение. Также к подобным индексам можно отнести индекс встречаемости индекс Менхиника и т.д. [132, с. 68].

Индекс Шеннона Уивера относят к информационно-статистическим индексам, которые учитывают одновременно и выравненность и видовое богатство, основанные на относительном обилии видов.

Таким образом, для объективной оценки флористического состава и биологического разнообразия растительных сообществ необходим всесторонний анализ ценопопуляций, входящих в состав фитоценоза с использованием информационно-статистических индексов. Индексы должны отражать различия между местообитаниями, способны установить определенные различия между участками или сообществами растений. Также использование индексов биоразнообразия позволяет проводить мониторинг за состоянием экосистемы [135].

## 1.5 Обзор исследований анатомической структуры органов растений семейства *Chenopodiaceae*

Большая часть Центральной Азии находится в аридной и семиаридной зоне. В Казахстане около 70% территории подвержено процессам опустынивания [136, 137]. Деграция почв и опустынивание являются основными экологическими проблемами нашей страны. Таким образом, Казахстан является важным объектом изучения. Ухудшение состояния окружающей среды была определена Комиссией высокого уровня по Угрозам, вызовам и переменам, Организации Объединенных Наций как одна из основных угроз [138].

В связи с высокими темпами опустынивания необходимо восстановление нарушенных земель и обеспечение восстановления естественной растительности. Основной целью восстановления является использование жизнеспособных популяций на определенной территории. Это поможет восстановить функции и процессы экосистем, предотвратить эрозию и сохранить биологическое разнообразие. Широко распространено мнение, что эффективность экологического восстановления зависит от выбора местных растений, особенно в условиях стресса [139].

Семейство *Chenopodiaceae* включает около 100 родов и более 1500 видов, которые широко распространены на аридных и субтропических территориях. Род *Haloxylon* (*Chenopodiaceae*) включает в себя 10 видов. Три вида произрастают на территории СНГ и полупустынных районах Средней Азии: саксаул черный (*Haloxylon aphyllum* Minkw), саксаул белый (*Haloxylon persicum* Vng.) и саксаул зайсанский (*Haloxylon ammodendron* (С.А. Mey.) Bunge). Саксаул черный и саксаул произрастают в пустынных частях Ирано-Туранского региона и на Аравийском полуострове. Саксаул зайсанский произрастает в восточной части Казахстана, а также в Джунгарской провинции. Основной ареал этого вида – гобийские пустыни Центральной Азии [120, с. 65].

Семейство *Chenopodiaceae* состоит из большого числа видов  $C_4$  по типу фиксации  $CO_2$ , где доминирующие растения пустынных территорий Казахстана занимают особое место.

Представители рода *Haloxylon* - *Haloxylon aphyllum* и *Haloxylon persicum*, обитающие на территории Казахстана и занимают большие территории в Иле-Балхашском регионе. Кустарники или небольшие деревья (высотой 1,5—12 м) с вильчатым ветвлением и членистыми ломкими молодыми побегами. Листья деревьев саксаула редуцированы и представлены в виде супротивных мелких бесцветных чешуек (саксаул белый) или бугорков (саксаул черный). Функция фотосинтеза осуществляют зелёные побеги, содержащие хлорофилл.

Биология саксаула обладает особенностями, которые были выявлены на основе изучения закономерностей его роста, развития. Также много внимания уделено морфо-биологическому изучению саксаула черного, его экологической приуроченности и механизмов адаптации к засухе, высоким температурам и так далее.

Многие исследователи изучали анатомическую структуру рода *Haloxylon* [140-143], среди российских ученых отмечается анатомические исследования

Шуйской Е. и др. [144]. Для того, чтобы обеспечить теоретическую основу для рекомендаций по восстановлению природных экосистем в пустынных районах и обеспечения устойчивости природных экосистем необходимо изучить анатомию структуру зеленых побегов двух видов семейства *Chenopodiaceae* (*Haloxylon aphyllum*, *H. persicum*), анализ сходства и различия морфометрических показателей и адаптивных возможностей исследуемых таксонов.

## 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Природные условия региона

Иле-Балхашский регион (Иле-Балхашский бассейн) занимает обширную территорию на юго-востоке Казахстана. На территории Казахстана площадь региона составляет 353,000 км<sup>2</sup> (рисунок 3) [145].

Н.Г. Рыбин [146] делит территорию Южного Прибалхашья на основании почвенно-геоморфологических, климатических и геоботанических условий на следующие районы: песчаная пустыня Сарыесик-Атырау, Баканасская такыровидная равнина и прибрежная озерная солончаковая равнина. Пустыня Сарыесик-Атырау на юге граничит с горами Джунгарского Алатау, на востоке р. Каратал, на западе ограничивается руслом Шет-Баканас и на севере граничит с озером Балхаш. Южную окраину песчаной пустыни (Джетырал, Мойынкум, Женишкекум и Жуанкум) Ахмедсафин [147] считает верхней древней террасой реки Иле. Остальное пространство этой пустыни он называет Сарышикатрауской древней террасой, а всю Баканасскую такыровидную равнину – нижней древней террасой реки Иле.

М.К. Вяткин считает, что Баканасская равнина состоит из двух разновозрастных илийских дельт – из более древней – Акдалинской, и более молодой – Баканасской [148].

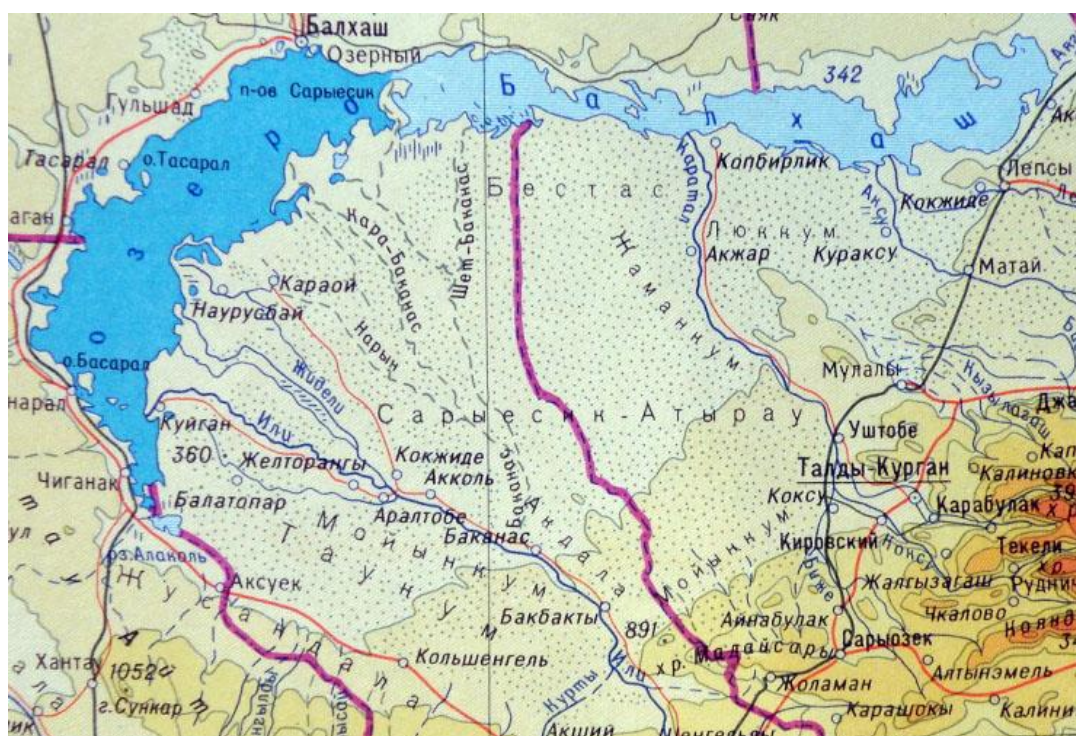


Рисунок 3 – Физическая карта Иле-Балхашского региона

*Геология.* Согласно опубликованным материалам, равнинные пространства Южного Прибалхашья покрыты, в основном, четвертичными отложениями [149]. К ним относятся делювиально-пролювиальные, аллювиальные и эоловые



отложения. Делювиально-пролювиальные представлены в виде такыров, которые имеют здесь довольно большое распространение. К аллювиальным отложениям относятся наносы долин рек Иле и Каратал, очень сходных между собой. В верхних частях почвенного профиля, как надпойменных террас, так и древней Баканасской равнины залегает толща глины и суглинка, обычно лёссовидных; нижняя часть сложена мелкозернистым песком с прослойками крупнозернистого песка, гравия и гальки. Отложения самой древней, т.е. верхней террасы богаты карбонатами. Иногда встречаются погребенные гумусные горизонты. Озерные аллювиальные отложения озера Балхаш представлены мелким пылеватым песком зеленовато или желтовато-серого цвета, содержащим в себе остатки раковин.

Около 75% площади пустыни Сарыесик-Атырау занято эоловыми отложениями. Они слагают грядовые, бугристо-грядовые, бугристые и другие пески, в настоящее время довольно хорошо закрепленные растительностью. Образование их относят к первой, более сухой половине последней эпохи.

Костенко [150] и Погребинский [151], выделяют древние и современные формы в рельефе грядовых и бугристо-грядовых песков. Древние формы относят к мезоплейстоцену, и формирование их происходило в результате перевевания нижней свиты. К ним относится большая часть грядовых и бугристо-грядовых песков Сарыесик-Атырау. Современные формы возникли в результате перевевания верхнечетвертичных и современных отложений. Они наиболее типичны для низовьев Иле, встречаются на ее террасах. Прибрежная солончаковая равнина сложена верхнечетвертичными и современными отложениями. Озерные аллювиальные отложения представлены прослоями суглинка и супесей серого, желто-серого цвета.

*Рельеф песков Южного Прибалхашья.* Ахмедсафин [147, с. 271] в своей работе современную долину реки Иле, представляет 2 террасами – пойменной и надпойменной. Пойменная терраса располагается узкой полосой вдоль русел рек, на отдельных участках достигая ширины 1-3 км. Высота ее варьирует в пределах 1-2 м, а во время разливов значительная часть заливается водой. Аспект растительности данной террасы определяется ярко-зеленой растительностью.

Ширина надпойменной террасы колеблется от нескольких сотен метров до 2-4 км. Высота данной террасы выше предыдущей террасы на 2-3 м. На поверхности террасы расположены старые речные русла, в пределах разливов – протоки, промоины и озера. Широкое распространение на надпойменной террасе среди растительности имеет чингиль (*Halimodendron halodendron* Voss.), реже – тамарикс (*Tamarix* sp.).

На правом берегу р. Иле плоская равнина начинается в южной части Прибалхашских песков узкой полосой от 8 до 12 км; далее, в направлении оз. Балхаш, ее поверхность расширяется до 150 км. Общие контуры равнины в плане схожи с конусом, вершина которого упирается в западные отроги Джунгарского Алатау, а основание выдвинуто в озеро Балхаш.

Общий уклон равнины – северо-западный; величина уклона колеблется от 0,004 до 0,0002 на юго-востоке и на северо-западе, соответственно. Наряду с



общим уклоном наблюдается также (в центральной части равнины) понижение рельефа в сторону от реки Иле.

На поверхности равнины встречается большое количество песчаных гряд, преимущественно северо-восточного направления. Выделяются отдельные гряды песчаных нагромождений и целые группы их, вытянутые параллельно, с промежутками между ними в 100–200 м. Участки, заняты такими грядами простираются нередко на многие километры. Гряды имеют высоту в среднем 3–5 м и чередуются обычно с межгрядовыми понижениями. Межгрядовые понижения являются очагами развевания песков и поэтому дно их всегда находится ниже поверхности равнины [147, с. 272].

Сухие русла и бессточные впадины являются характерными чертами пустынь Иле-Балхашского региона [152]. Приилийская плоская равнина, особенно ниже поселка Баканас, изрезана большим количеством сухих русел, именуемых баканасами. Среди русел выделяются 3 крупных баканаса, хорошо прослеживающихся до берега оз. Балхаш: Шет-баканас, восточное русло которого лежит у пос. Баканас, Орта-баканас (среднее русло), отделяющиеся от первого в 30 км к северу и Нарын-баканас.

Баканасы представляют собой древние русла рек с широким развитием меандр, нередко замыкающих свои петли. Ширина русел колеблется от 100–200 м до 500–600 м, местами достигая 1 км. Высота склонов – то пологих, то крутых и отвесных увеличивается от 1,5–2 м в начале русла до 6–7 м в нижней части его. Дно и склоны русел часто бывают покрыты песчаными грядами и бугорками, слабо закрепленными растительностью. Существует несколько точек зрения по поводу происхождения сухих русел. Одна из идей заключается в том, что данные русла являются искусственными сооружениями; другая – русла являются результатом эрозионных процессов [153]. Другая идея предполагает, что баканасы являются древними руслами реки Иле. Б.К. Штегман [154] установил, что в результате тектонических процессов русло реки Иле находилось на территории современной дельты и Баканасской такыровидной равнине.

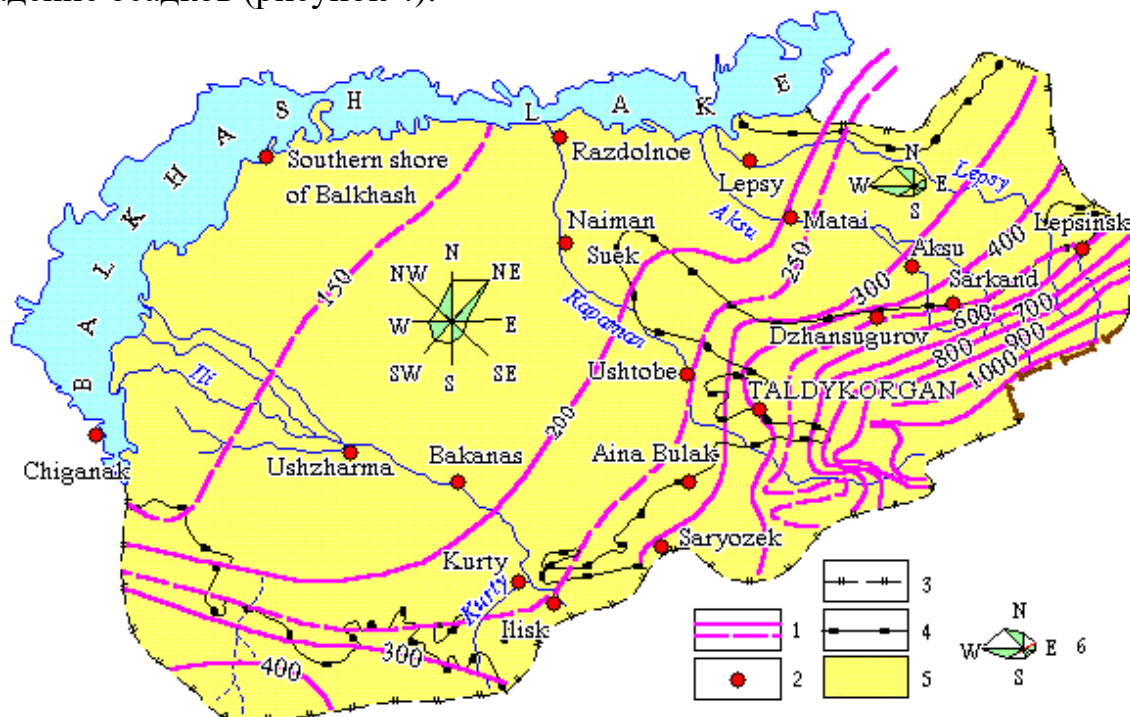
На поверхности баканасской плоской равнины, особенно в северо-западной части ее, широко распространены такыры, занимающие обширные площади – от нескольких сот метров до нескольких километров. Площадь обнаженных песков составляет не более 8–10%.

Баканасская равнина на побережье Балхаша сменяется солончаковой равниной, сравнительно недавно освободившейся от озера и простирающийся вдоль берега полосой от 20 до 40 м.

Таким образом, как отмечает У.М. Ахмедсафин, песчаный массив Южного Прибалхашья представляет собой древнеаллювиальную равнину, осложненную различными формами эолового мезорельефа [155]. В зависимости от преобладания той или иной формы эолового рельефа на территории песков выделяются:

- 1) плоские слабоволнистые равнины;
- 2) равнины с среднегрядовым всхолмленным рельефом;
- 3) равнины с крупногрядовым всхолмленным рельефом.

*Климат.* Климат Южного Прибалхашья является резко континентальным. Резко континентальный климат характеризуется определенным гидротермическим и температурным режимом: влажная, теплая весна и сухое, жаркое лето. Также резко континентальный климат обуславливает значительные колебания суточных температур, перепады между сезонами года, выпадение осадков (рисунок 4).



1 – изолинии среднегодовых атмосферных осадков; 2 – гидрометрические посты; 3 – граница артезианского бассейна по водоразделу; 4 – то же по палеозойскому обрамлению; 5 – площадь артезианского бассейна; 6 – роза ветров

Рисунок 4 – Карта-схема атмосферных осадков и основного направления ветров на территории Южно-Прибалхашского артезианского бассейна [156]

Основное количество осадков, которые выпадают в теплый период, расходуется в результате испарения. В период весенних месяцев (апрель-май) выпадает наибольшее количество осадков, наименьшая месячная сумма осадков наблюдается в феврале, августе и сентябре (таблица 5). Характерной чертой климата района является высокая интенсивность солнечной радиации. Сумма светлых дневных часов составляет: в марте – 367, апреле – 403, мае – 458, июне – 463, августе – 444, сентябре – 376, октябре – 340; количество солнечного тепла с мая по август находится в пределах 60-70 больших калорий на 1 квадратный сантиметр почвы. Жесткость климата дополняют показатели влажности воздуха. Среднегодовая относительная влажность воздуха составляет 63,2%, в холодные месяцы – 77–89 %, в летнее время опускается до 45%.

Таблица 5 – Климатическая характеристика региона исследования [156, с. 39]

Показатели	Метеорологические данные
Средняя годовая температура воздуха	7,5 ° С
Абсолютный минимум температуры	минус 44 ° С
Абсолютный максимум температуры	42 ° С
Наиболее жаркий месяц (июль)	25,1 ° С
Наиболее холодный месяц (январь)	минус 13,6 ° С
Последние весенние морозы	25 апреля
Первые осенние морозы	26 сентября
Количество дней безморозного периода	153
Среднегодовое количество осадков на севере и северо-западе (мм в год)	135

Устойчивый снежный покров формируется на территории Иле-Балхашского региона в конце ноября - начале декабря и тает в первой половине марта. Количество дней со снежным покровом составляет 80–100 дней, со средней высотой, не превышающей 11 см за десятилетний период. Направление ветра в пустыне Сарыесик-Атырау восточное. Средняя скорость ветра на территории пустыни - 2,5 м/сек, наибольшая скорость составляет 3,4 м/сек в марте и апреле; в январе и феврале зарегистрирована наименьшая скорость ветра (1,8–2,3 м/сек).

*Гидрология.* Пески Южного Прибалхашья пересекаются с юго-востока на северо-запад значительным числом рек, среди которых наиболее крупными и постоянно действующими являются Иле, Каратал, Аксу и Лепсы.

Река Иле берет свое начало в ледниках Хан-Тенгри, где носит название Текес; далее она вступает на территорию Китая. При слиянии с р. Кунгес, река получает название Иле. Наконец, приняв приток Хоргос, Иле покидает пределы Китая и течет в западном направлении. В 8–10 км ниже поселка Илийского она врезается в плоскогорье Карой и течет в каньонообразном ущелье Капшагай. Далее, река протекает около 1300 км и впадает в озеро Балхаш (рисунок 5).

На протяжении всей песчаной пустыни Сарыесик-Атырау река Иле не имеет притоков, приток Курты впадает в нее по выходе из Капшагайского ущелья. Ниже пос. Акколь начинается современная дельта р. Иле со сложной системой рукавов, многочисленными озерами, болотами, с густыми зарослями камыша, джиды, чингиля и др. В пределах дельты от реки отходят крупные рукава – Топар, Жидели и др.

Река Иле имеет в основном снежно-ледниковое питание, поэтому максимальные расходы ее наблюдаются в наиболее жаркое время года и минимальные – в зимний период. До вступления реки в пределы песчаной пустыни наибольшие расходы р. Иле приходятся на июнь – 731 куб. м / сек, июль – 943 куб. м / сек и август – 868 куб. м / сек. В зимнее и осеннее время расходы реки распределяются более или менее равномерно, причем зимой река несет наименьшее количество воды (208–232 куб. м /сек). Основное питание ее в это время происходит, по-видимому, за счет подземных вод,

выклинивающихся, главным образом, в горных областях. Среднегодовой расход реки по данным с 1911 по 1943 гг., составляет 466 куб. м / сек [157].

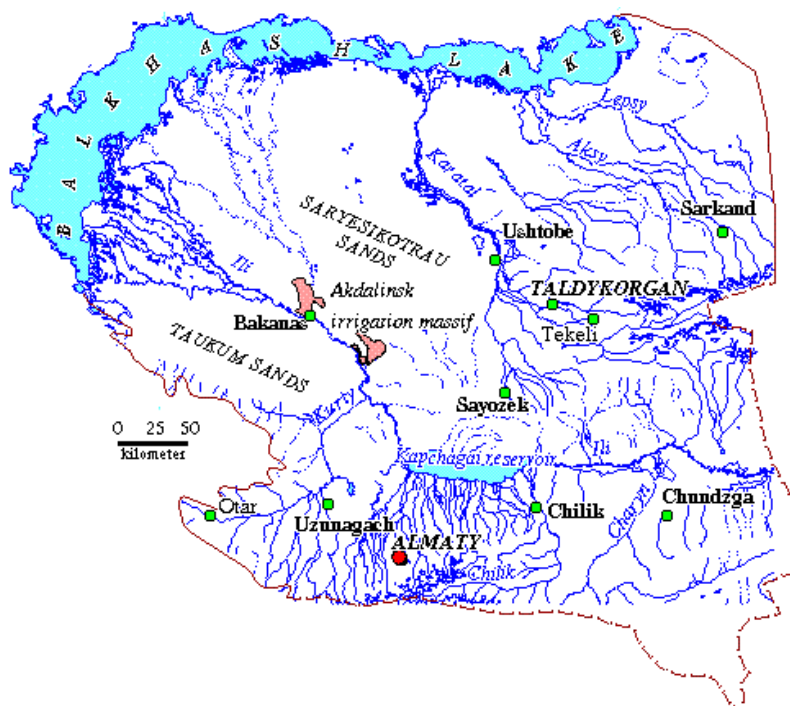


Рисунок 5 – Карта-схема гидрографической сети Южного Прибалхашья

*Условия залегания грунтовых вод.* По материалам Ахмедсафина У.М. и др. [158], в отложениях средней сарыесик-атырауской террасы грунтовые воды являются наиболее распространенными на всей территории Южного Прибалхашья. Они залегают в песчаных, местами грависто-галечниковых образованиях большой мощности. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 5 до 15 м.

В районе между реками Иле и Каратал глубина распределяется приблизительно следующим образом. Наибольшие глубины – от 10 до 15 м – наблюдаются в юго-западной части террасы, а также в северной части; глубины от 5 до 10 м кольцом охватывают центральную часть, и наименьшие глубины – от 3 до 5 м – занимают непосредственно центральную часть террасы. Постепенное уменьшение глубин по направлению к центральной части террасы объясняется наличием в этой части межконусной депрессии, дно которой находится на 15–18 м ниже уровня рек Иле и Каратал [159].

На левом берегу р. Иле, где средняя терраса вплотную подходит к современной долине реки, наблюдается постепенное увеличение глубины залегания грунтовых вод (по мере удаления от р. Иле до 10–15 м ниже и даже более).

Отмечается, что в пределах сарыесик-атырауской террасы указанные глубины наблюдаются исключительно в межрядовых понижениях и поэтому могут быть отнесены к минимальным. Под грядами глубины залегания

грунтовых вод резко увеличивается (от 15–30 м) и могут быть охарактеризованы как максимальные.

Направление грунтовых вод в центральной части террасы близко к северо-западному, а по окраинам террасы несколько отклоняется. Уклон зеркала воды в южной части района составляет 0,0003–0,0004; в северном направлении, соответственно уменьшению уклона равнины, происходит уменьшение уклона зеркала грунтовых вод.

Грунтовые воды равнинных террас широко распространены, особенно в баканасском треугольнике, прилегающем к современной долине реки Иле. Они приурочены к мелкозернистым, реже разнородным пескам, а в южной части террасы также к грависто-галечниковым отложениям. Мощность водонасыщенных слоев большая, они разведаны на глубину всего 35-30 м. В действительности мощность их превышает эту величину в несколько раз.

Глубина залегания грунтовых вод равнинных террас варьирует между 5 и 15 метрами. Только в отдельных котловинах выдувания можно встретить грунтовые воды, залегающие на глубине 3–5 м. В распределении глубин залегания грунтовых вод равнинной террасы р. Или наблюдается обратная закономерность, наименьшие глубины – от 3 до 8 м – залегают вблизи современной долины р. Иле; далее они постепенно увеличиваются до 10 м, причем в пределах баканасского треугольника грунтовые воды кольцом обволакивают центральную часть террасы, где глубина увеличивается до 15 м.

Такое распределение глубин в значительной мере Ахмедсафин [147, с. 200] и Плиасак [160] объясняют несколько выпуклым строением центральной части террасы. В сухих руслах-баканасах, широко развитых на поверхности террасы, глубина залегания грунтовых вод колеблется от 3 до 7 м. Наконец, следует отметить более глубокое залегание грунтовых вод на песчаных буграх и грядах по сравнению с равнинной поверхностью террасы. В межбугристых и межгрядовых понижениях грунтовые воды находятся на несколько меньших глубинах, чем на равнинной поверхности террасы. Скорости грунтового потока, определенные для центральной части террасы варьируют в пределах от 5 до 16 метров в сутки.

*Почвы.* Почвенный покров Южного Прибалхашья довольно разнообразен и классифицируется почвоведом по геоморфологическим районам [161]. Принимая во внимание почвенное районирование различных авторов, территория Иле-Балхашского региона относится к зоне серо-бурых. Данную зону иногда относят к современным пустынным почвам [162] или к реликтовым почвенным образованиям [163]. В результате воздействия резко-континентального климата, сопровождающимся сухим и жарким летом, почвы региона являются сильнокарбонатными. Гидротермический режим данной территории способствует накоплению карбонатов в почвенных горизонтах и подстилающих грунтах.

К.И. Фаизов [164] выделяет три части в строении профиля серо-бурых почв. Верхняя его часть характеризуется палевато-серой окраской, сильнопористая по механическому составу, имеет ноздреватую корку, данный слой имеет толщину 5–10 см. Верхняя часть переходит в светло-серый

чешуйчато-слоеватый подкорковый горизонт мощностью 5–15 см. Последний слой представлен бурым или красновато-бурым комковато-ореховым оглиненным уплотненным горизонтом.

Пустынные почвы Южного Прибалхашья относятся к песчаным, обладающие слабо дифференцированным профилем, данные почвы бесструктурны по составу, содержание гумуса в таких профилях составляет 0,5 %, не меняет окраски полевошпатово-кварцевой породы. Пустынные песчаные почвы не засолены, рыхлые, карбонатные. Такыровидные почвы, относят к типу достаточно молодых почв, характерных для аллювиальных и пролювиально-аллювиальных равнин без дополнительного увлажнения подземными водами. Такыровидные почвы характерны для Баканасской равнины.

Аллювиально-луговые почвы встречаются по направлению русла реки Иле. Грунтовые воды под этими почвами залегают на глубине от 1 до 3 м. Гранулометрический состав таких почв характеризуется слоистостью. Гумусовый горизонт достаточно мощный достигает 1 метра, однако средняя мощность - 70–80 см. В верхнем горизонте гумус содержится в количестве 1,5 - 4,5 %. Несмотря на то, что аллювиально-луговые почвы имеют пресный профиль и гидротермический режим пресных грунтовых вод, данные почвы обычно засолены на поверхности и переходят в луговые солончаки, содержащие до 2,5 % солей.

Различные типы солончаков (пухлые, корковые, соровые) сформированы на побережье озера Балхаш. Эти солончаки имеют в своем составе легкорастворимые соли. Пухлый горизонт расположен под тонкой солевой корочкой, которая в летний период разрушается [148, с. 13].

*Растительность.* Пустыня Сарыесик-Атырау относится к Азиатской пустынной области, к Юго-Восточному Прибалхашскому округу [165]. Е.М. Лавренко определяют, что территория Южного Прибалхашья входит в состав Ирано-Туранской подобласти Сахаро-Гобийской пустынной области [166]. По мнению В.И. Грубова пустыни Казахстана и Джунгарии можно объединить в Джунгаро-Казахстанскую провинцию Центрально-Азиатской области [167]. С точки зрения М.П. Петрова территория Казахстана относится к Джунгаро-Казахстанской области пустынной зоны Азии [168]. На основе классификации Иващенко и других, Иле-Балхашский регион отнесется к Южно-Прибалхашской подпровинции Прибалхашской провинции, Джунгаро-Туранской группе провинций Ирано-Туранской подобласти [169].

Джунгаро-Прибалхашская провинция расположена в Иле-Балхаш-Алакольской пустынной впадине, расположенной на юге озера Балхаш, а также граничащей с Тянь-Шанем. Во флоре Джунгаро-Прибалхашской провинции насчитывается около 1300 видов, произрастающие на песках составляют 528, а также около 130 псаммофитов. По типам ареалов выделяются туранские виды 95, северотуранские — 46 и центральноазиатские – 76.

Достаточно широко изучена растительность Южного Прибалхашья [170–182].

Растительность Южного Прибалхашья представлена туранской флорой. Туранская флора характеризуется, в основном, пустынными видами, к которым

относятся черный и белый саксаул, которые имеют довольно широкое распространение на данной территории. Кроме саксаула для исследуемого региона Арало-Балхашской подпровинции встречаются различные виды жухгунов.

Широкое распространение на песчаных почвах имеют серая полынь *Artemisia terrae albae* Krasch (полукустарничек). и вздутоплодная осочка – *Carex physodes* M. Bieb (эфемероид).

Основной и исходной ассоциацией в генезисе растительного покрова пустыни является осочково-серополынная (*Artemisia terrae albae*+ *Carex physodes* ass.). Наибольшее распространение она имеет на уплотненных почвах в южной части этой пустыни, занимая главным образом межгрядовые и межбугровые понижения, заходя иногда на склоны и вершины бугров и гряд.

По наиболее разрыхленным вершинам бугров-гряд и лучше увлажненным склонам, особенно северных и восточных экспозиций, к этим эдификаторам добавляется житняк сибирский, или еркек (*Agropyron sibiricum* (Willd.) P. Beauv), прутняк, или изень (*Kochia prostrata* (L.) Schrad.), кузьмичева трава или кзылча - *Ephedra lomatolepis* Schrenk. и другие растения. Господство этой ассоциации иногда настолько увеличивается, а серой полыни уменьшается, что пустынные ассоциации здесь замещаются пустынно-степными (с доминированием житняка).

По мере продвижения к северу от начала песков (у подножья хребта Малайсары) до побережья оз. Балхаш (по Сарыесик-атырауской террасе) только что описанная растительность изменяется в сторону увеличения количества ксерофитных кустарничков: терескена – *Eurotia Ewersmanniana* Stschegl. ex Losinsk., астрагала укороченноцветного – *Astragalus brachypus* Schrenk; полукустарников: джужгунов – *Calligonum* sp., белого саксаула и пустынных деревьев.

Черный саксаул (*Haloxylon aphyllum* Minkw.) образует обширные заросли в центральной части Сарыесик-атырауской террасы на более заиленных песках и супесях, подстилаемых крупнопесчаными древнеречными отложениями с прослоями суглинков. На Баканасской такыровидной равнине, отделяющейся уступом от современной долины р. Иле, наибольшее распространение имеют черносаксаульники. Черносаксауловые заросли иногда вплотную подходят к реке (где пойменная и надпойменная террасы в современной долине реки отсутствуют).

По мере продвижения вглубь территории Баканасской равнины саксауловые заросли заметно редуют. На древней Баканасской дельте между сухими руслами Нарын-Баканас и Шет-Баканас черный саксаул чаще всего встречается единичными деревьями, а господство в ландшафте приобретают полукустарниковая солянка – кейреук – *Salsola richteri* Pall. [13, с. 277].

## 2.2 Объект и методика исследований

Объектом исследования является представитель пустынного типа растительности – *Haloxylon aphyllum* Minkw. Саксауловые пустыни относятся к пустынной древесной эксерофильной растительности *Desertiarborosa*. С точки

зрения биоморфологии, многие ученые относят саксаул к «полудереву», Paulsen относит саксаул к пустынному дереву (эремофильное дерево), ксеродендрону [183]. В нашем исследовании, опираясь на систему Нечаевой и др. [184] будем относить саксаул черный к древесным формам.

Существует несколько точек зрения относительно происхождения рода *Haloxylon*. По мнению М.Г. Попова [185], М.М. Ильина [186], глинистые пустыни являются родиной саксаула, однако Э.Н. Благовещенский [187] утверждает, что местом происхождения данного рода являются древнеаллювиальные равнины. По мнению Б.А. Быкова, в щебнистые пустыни саксаул проник из литоралей Тетиса. Как эдификатор современных формаций саксаул сформировался на древнеаллювиальных равнинах, создавая тип растительности на территории послетретичных аренах Турана [182, с. 4].

*Экологическая характеристика.* Благодаря широкой амплитуде приспособляемости данный вид обладает эдификаторными свойствами: облигатные доминанты, кодоминанты, патулекторы и дензекторы. *Haloxylon aphyllum* можно отнести к псаммофитам и галофитам, т.к. только данный вид способен произрастать на глинистой, солончаковой и щебнистой почве, иногда образовывать различные сообщества в условиях песчаных почв. В системе пустынного типа растительности представители рода *Haloxylon* относят к трем типам: псаммофильным, галофильным и гипсофильным растениям. Все сообщества данного вида Гвоздева Л.П. относит к классу формаций древесной эксерофильной растительности с 3 формациями [23, с. 165].

*Методика закладки пробных площадей.* Для закладки пробных площадей использовались методы, описанные Е.М. Лавренко и А.А. Корчагиным [128, с. 64]. Сначала использовался метод рекогносцировочной оценки территории с целью выявления общей геоботанической характеристики исследуемой территории, закономерности состава и строения растительного покрова. В зависимости от почвенно-гидрологических условий были определены основные формации. В результате рекогносцировочного маршрута были определены основные районы, характеризующие главные черты растительного покрова, важнейшие лесные фонды. Далее, в пределах выбранных районов были заложены учетные площадки (трансекты), путем исследования более полного разнообразия местообитаний и свойственных им фитоценозов. Выделены наиболее типичные фитоценозы, со свойственным составом и строением. По М. Лавренко и А.А. Корчагину, выделенный участок должен соответствовать следующим требованиям: 1) пробные площади должны принадлежать к описываемому сообществу; 2) пробные площади должны получить более полное и достоверное описание растительного сообщества; 3) пробные площади должны быть сравнимы между собой; 4) принцип объективности [128, 67].

В связи с тем, что пробные площади в нашем исследовании закладывались в форме трансект, в дальнейшем именно этот термин будет использоваться в работе. Местоположения трансект, географические координаты определялись помощью GPS-приемника.



*Изучение природных условий растительных сообществ.* В соответствии с целью исследований, до начала полевых работ был проведен анализ картографического материала. Изучались топографические, геоморфологические и геологические карты региона. В зависимости от почвенно-гидрологических условий были определены основные саксауловые формации. Для определения хода роста саксауловых лесов различных местообитаний, мы разделили пробные площади по глубине залегания грунтовых вод, морфологии, рельефу. Описание природных условий включало в себя: характеристику рельефа, характера почв и грунтов, условия увлажнения, высоты над уровнем моря и т.д. Все данные заносились в учетные листы для каждой заложенной трансекты (пробной площади).

Выбор размера трансекты проводился в соответствии с классическими методиками Сукачева В.Н. [188], Ярошенко П.Д. [189], а также на исследованиях зарубежных ученых. Так для закладки трансекты на выбранном участке использовался метод РСQ (Point-centered quarter method) [190]. Цель данного метода состоит в определении значимости деревьев в сообществе, учитывается видовой состав, распределение деревьев, различных размеров, а также густоты и частоты распределения деревьев. Метод удобен для работы с высокоплотными насаждениями, в которых сплошной пересчет деревьев на площади 1 га является трудоемким.

Для сбора данных с использованием РСQ метода на трансекте длиной 100 м необходимы следующие материалы. Рулетка длиной 5–10 м, блокнот, калькулятор и таблица с набором случайных чисел.

1. Необходимо сгенерировать 15-20 случайных чисел. Если разница между соседними числами равна 4 или меньше нужно пропустить одно число. Очень важно, чтобы список случайных чисел был подготовлен до каких-либо измерений.

2. Заложить трансекту длиной 100 м (больше или меньше, в зависимости от требований).

3. Случайные числа представляют собой расстояние между точками вдоль трансекты, на которой будут собраны данные. Случайные числа необходимы для измерения (исследователь обычно склонен измерить как можно больше деревьев, однако данные деревья могут не представлять картину всего сообщества). Разница между точками в 5 м необходима для того, чтобы одни и те же деревья не были измерены повторно. Если деревья произрастают очень редко можно увеличить длину трансекты или уменьшить расстояние между точками.

4. Наименьшее случайное число представляет собой первую точку. Необходимо визуально провести линию вдоль трансекты. С помощью компаса, разделить пространство вокруг этой точки на четыре квадранта (северо-восточный, юго-восточный, юго-западный, северо-запад). В каждом квадранте, найти дерево, которое является ближайшим к центральной точке. Для данного дерева, измерить следующие показатели:

- расстояние до дерева в метрах;
- диаметр ствола дерева в сантиметрах;

- вид дерева;
- высота дерева и диаметр кроны (не свойственно для данного метода, однако необходимо для наших исследований) (рисунок 5).

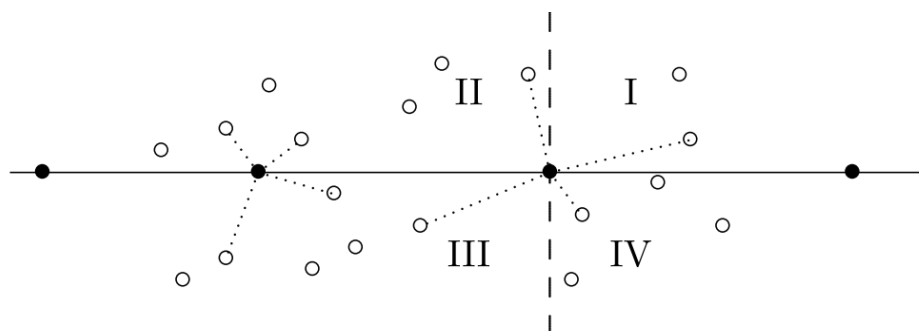


Рисунок 6 – Порядок расположения исследуемых деревьев по методу PCQ

5. Повторить измерения для всех выделенных точек. Занести все данные в таблицу 6.

Таблица 6 – Таблица для внесения данных

Точка измерения	Расположение случайной точки (м)	Квадрант	Расстояние до дерева (м)	Диаметр ствола (см)	Диаметр кроны (м)	Высота (м)	Вид
1	1	1					
		4					
		3					
		4					
2	7	1					
		4					
		3					
		4					

6. На основании данных, полученных в ходе измерения, можно рассчитать густоту насаждений. Для этого используется формула:

$$\text{Густота} = \frac{10000 \text{ м}^2 / \text{га}}{(\bar{x})^2 / \text{дерево}} \quad (1)$$

где  $(\bar{x})$  – сумма расстояний между всеми деревьями, деленное на количество измеренных деревьев.

7. На основании формулы (2) рассчитывается площадь поперечного сечения ствола на гектар:

$$\text{Поперечное сечение} = A \times \frac{\text{Плотность}}{\text{га}} \times \frac{1 \text{ м}^2}{10000 \text{ см}} \quad (2)$$

где  $A$  – средняя площадь поперечного сечения ствола отдельного дерева,  $см^2$ , рассчитанная по формуле (3).

$$A = \pi d^2 / 4, \quad (3)$$

где  $d^2$  – диаметр корневой шейки дерева,  $см^2$ .

*Измерение таксационных показателей.* Для измерения высоты деревьев, была использована рулетка длиной 10 м. Диаметр кроны и диаметр корневой шейки измерялся в двух перпендикулярных направлениях [2, с. 2].

*Определение возраста саксаула.* Определение возраста по числу годовичных колец неприменимо к саксаулу, поскольку у него в течение одного года откладывается не одно, а несколько годовичных колец в разных направлениях по стволу. В нашем исследовании при определении возраста молодых особей саксаула черного до 8–10 лет использовался метод Арциховского, представленный в работе Жагловской А.А. и др. [191]. Дихотомический характер ветвления саксаула черного обуславливает наличие развилок. Количество развилок соответствует количеству лет (рисунок 7) [192].



Рисунок 7 – Вильчатое ветвление саксаула черного пятилетнего возраста

Возраст остальных древостоев был определен на основании материалов Баканасского государственного учреждения лесного хозяйства Управления природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Алматинской области Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Были выделены участки согласно районированию управления лесного хозяйства, в книгах учета были записаны данные по годам вырубki на изучаемой территории. Таким образом, данные по возрасту, полученные из документированных материалов являются достоверными.

*Определение уровня грунтовых вод.* Для определения уровня грунтовых вод до 4 м использовался ручной почвенный бур. При более глубоком залегании использовались данные замера воды в ближайших колодцах. Также

использовался способ измерения уровня грунтовых вод методом разницы высот между выходом на поверхность подземных вод в виде небольших водоемов.

*Определение биомассы.* Биомасса каждого дерева, а также общая биомасса была рассчитана по формулам определения наземной и подземной биомассы саксаула черного [2, с. 5]:

$$B = b \times H^x \times BA^y \times CA^z \quad (4)$$

где, Н – высота, м; ВА – диаметр корневой шейки, см; СА – диаметр кроны, м; *b*, *x*, *y*, *z* – коэффициенты уравнения (различные для наземной и подземной биомассы).

*Структура растительных сообществ.* Для определения ценотической структуры сообщества по диаметру корневой шейки, все деревья были распределены на 6 классов по толщине корневой шейки. Средняя ступень толщины составила 5 см. Возрастная структура ценопопуляций оценивалась по Работнову Т. А. [103, с. 123]

*Определение видового состава растительных сообществ.* Для определения флористического состава были выбраны 3 трансекты: 2-1, 2-3, 3-4, 3-5. Учет проводился методом сплошного пересчета растений в пределах трансекты. Виды растений были определены непосредственно при полевых работах. Виды, которые не были определены в поле, были собраны в гербарий и определены по эталонным видам в гербарном фонде кафедры биоразнообразия и биоресурсов Казахского национального университета имени аль-Фараби с использованием Определителя «Флора Казахстана» [193].

Для определения обилия вида использовался глазомерный учет и шкала обилия по Друде (таблица 7). Для определения жизненных форм растений использовалась классификация С.Г. Серебрякова [194], расположение видов [195], латинские названия [196].

Таблица 7 – Шкала обилия по Друде

Условные обозначения	Характеристика обилия	Обозначения (на русском языке)
Socials (Soc.)	Растения образуют фон при смыкании надземных частей	Фон (Ф)
Copiosae (Cop.)	Растения, встречающиеся в большом количестве, но их надземные части не смыкаются	Обильно (Об.)
Cop.3	очень обильно, но фона не даёт	Об.-3
Cop.2	Обильно, особей данного вида много	Об.-2
Cop.1	Обильно	Об.-1
Sparsae (Sp.)	Растения встречаются изредка, рассеяно, в небольшом количестве	Изредка (Изр.)
Solitariae (Sol.)	Растения встречаются редко, единично	Редко (Р)
Unicum (Un.)	Вид представлен единственным экземпляром на пробной площадке	Единично (Ед.)

*Методика анатомических исследований.* Исследование проводилось в лаборатории экологии растений на базе факультета биологии и биотехнологии Казахского национального университета имени аль-Фараби. Растения были собраны в гербарий и зафиксированы для проведения структурного анализа. Фиксацию проводили в 70% спирте по методике Страсбургер-Флемминга (спирт, глицерин, вода 1:1:1). Анатомические препараты готовились с помощью микротомы с замораживающим устройством ТОС-2, срезы заключали в глицерин в соответствии с общепринятыми методиками [197]. Толщина анатомических срезов 10-15 мкм. Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью программного обеспечения микроснимков. Микроснимки сделаны на оптическом микроскопе МС-300 (увеличение  $\times 180$ ). Микрофотографии были получены на оборудовании ГП «ННЛОТ» на базе физико-технического факультета Казахского национального университета имени аль-Фараби (растровый электронный микроскоп Quanta 3D 200i Dual system, FEI, увеличение  $\times 300$ ).

*Оценка биологического разнообразия.* Видовое разнообразие и доминирование было рассчитано с помощью индекса Шеннона-Уивера [198] ( $H$ ) с использованием показателей доминирования вида (important value index (IVI)).

$$H = - \sum p_i \ln p_i, \quad (5)$$

$p_i$  = доминирование  $i^{th}$  вида ( $p_i = n_i / N$ ,  $n_i$  - число особей  $i^{th}$  вида,  $N$  – общее число особей всех видов в сообществе).

Видовое богатство сообществ было рассчитано с помощью индекса Маргалефа - ( $D_{mg}$ ) [199] и показателей выравненности ( $E$ ) [200]:

$$D_{mg} = (S-1)/\ln(N), \quad (6)$$

$$E = H/\ln(S), \quad (7)$$

где  $N$  = общее число особей,  $S$ =общее число видов в сообществе,  $H$ =индекс Шеннона.

Индекс Симпсона ( $D$ ) [201] рассчитывался по формуле:

$$D = \sum (p_i)^2, \quad (8)$$

$p_i$  = доминирование  $i^{th}$  вида ( $p_i = n_i / N$ ,  $n_i$  - число особей  $i^{th}$  вида,  $N$  – общее число особей всех видов в сообществе).

*Статистическая обработка.* Отношение между возрастом, биомассой, высотой, диаметром корневой шейки и диаметра кроны были исследованы с помощью ранговой корреляции Спирмена с учетом ненормального распределения данных. Взаимосвязь возраста и биомассы, возраста и диаметра кроны была представлена в виде степенной модели. Модели взаимодействия

возраста и высоты, возраста и диаметра корневой шейки были разработаны с помощью линейных моделей [202].

Годовой прирост биомассы определялся на основе вычислений по полученным моделям возраста и биомассы дерева. Годовой прирост биомассы древостоя определялся путем умножения годового прироста дерева на густоту древостоя.

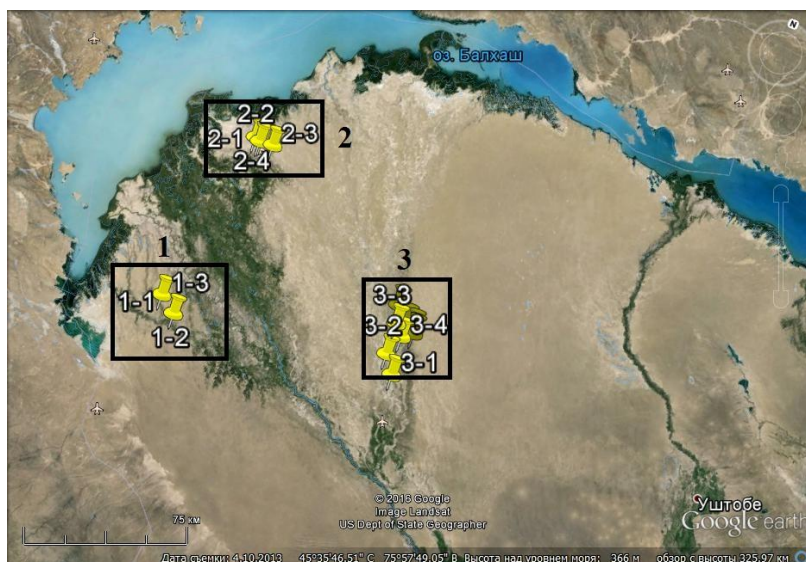
Для обработки статистических данных таксационных измерений применялись методы математической статистики и табличный редактор Microsoft Excel.

*Объём и характеристика экспериментального материала.* Для исследований использовались данные 15 трансект, заложенных в различных условиях местообитания Иле-Балхашского региона (таблица 8, рисунок 8). Для определения хода роста саксауловых лесов различных местообитаний, мы разделили пробные площади по глубине залегания грунтовых вод, морфологии, рельефу. Таким образом, трансекты участков Куйган и Карой мы отнесли к современной дельте реки Иле, трансекты на участке Баканас – к древней дельте реки Иле.

Таблица 8 – Характеристика заложенных трансект

Трансекта	Координаты		Высота н.у.м.	УГВ м	Рельеф	Почвы
	Широта (северная)	Долгота (восточная)				
Участок 1- Куйган						
1-1	45°2'11.23"	74°43'54.00"	344,6	4,0	Межрядовые понижения, высота гряд 4-5 м	Сероземы
1-2	45°2'12.38"	74°43'53.91"	345,8	4,6		
1-3	45°5'17.31"	74°37'12.37"	333,3	3,7		
Участок 2 - Карой						
2-1	45°51'15.11"	74°46'2.49"	348,9	4	Прирусловые равнины, слабоволнистые равнины	Сероземы
2-2	45°50'52.16"	74°45'29.35"	337,5	4,3		
2-3	45°51'18.38"	74°50'29.87"	337,5	5		
2-4	45°51'21.82"	74°43'32.76"	341,1	4,5		Сероземы солонцеватые
Участок 3 - Баканас						
3-1	45°10'5.82"	76°3'28.19"	368,1	6	Слегка волнистые равнины	Легкие разности такырово-сероземных почв
3-2	45°14'17.05"	75°58'52.64"	367,1	6,5		
3-3	45°22'17.74"	75°57'47.05"	374,1	7,9	Межрядовые понижения слегка волнистой равнины	Такырово-сероземные
3-4	45°19'42.47"	76°1'13.28"	366,3	6,3	Холмистые равнины	Такырово-сероземные солонцеватые
3-5	45°21'39.18"	76°4'40.50"	369,4	5,5		
3-6	45°23'20.81"	76°0'44.99"	367,2	6,0		
3-7	45°22'43.16"	76°3'50.28"	370,5	5,5	Прирусловые понижения (древние русла)	Сероземы, супесчаные
3-8	45°26'42.14"	75°55'49.91"	358,5	6,0	Волнистые равнины, предпесковая зона	Супесчаные

Прирусловые черносаксаульники, произрастающие в пойме реки Иле, а также ее протоках, отнесены у современной дельте реки Иле. Данным условиям соответствуют заложенные трансекты, близ населенного пункта Карой (4 трансекты), находящегося на побережье протока Нарын, а также 3 трансекты, расположенные на водосборной территории протока Топар, недалеко от населенного пункта Куйган.



1 – Куйган; 2 – Карой; 3 – Баканас

Рисунок 8 – Расположение участков исследования на территории Иле-Балхашского региона

Лесной фитоценоз, относящийся ко 2 типу условий местообитания, был исследован на 8 трансектах, заложенных в пределах Баканасского такыровидного треугольника, в пределах древнего русла реки Иле: Шет-Баканас. Первый участок (Куйган) включает в себя 3 трансекты (рисунок 9).

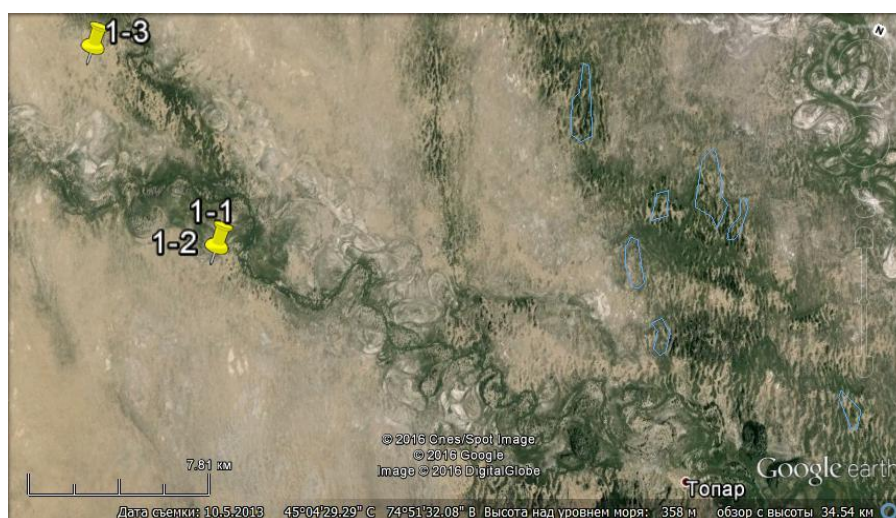


Рисунок 9 – Трансекты участка Куйган



Трансекты участка Куйган заложены в межрядовых понижениях на супесчаных сероземах, высота гряд составляет 4-5 м. Уровень грунтовых вод от 3,7 до 4,6 м. Средняя высота саксаула черного составляет 1,5 м. Ассоциации данных трансект, мы отнесли к серополынным черносаксаульникам (*Artemisia terrae-albae* – *Haloxylon aphyllum* ass.)

Участок номер 2 (Карой) закладывался на территории Каройского лесничества, в пределах пойменной и надпойменной террас реки Иле (проток Нарын), близ населенного пункта Карой (рисунок 10).

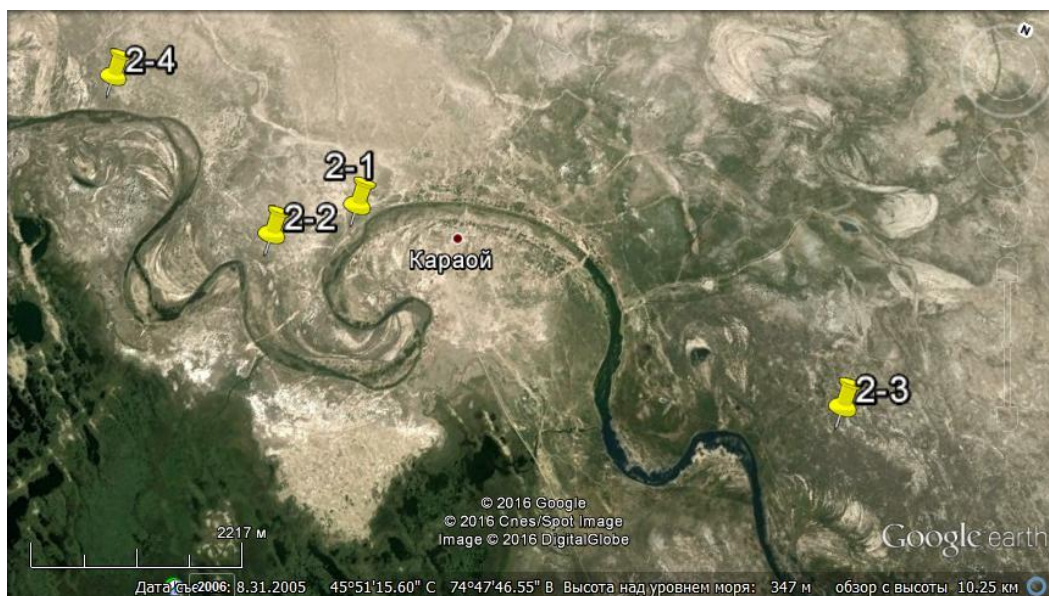


Рисунок 10 – Трансекты участка Карой

Трансекта 2-1 представлена зарослями саксаула черного на сероземных почвах. Данная трансекта расположена близ протока Нарын на песчаных почвах. Глубина залегания грунтовых вод составляет около 4 м. Основными эдификаторами являются саксаул черный и чингил серебристый. Мы отнесли данную ассоциацию к чингиловым черносаксаульникам (*Halimodendron halodendron* – *Haloxylon aphyllum* ass.). В данной ассоциации мы выделяем 4 яруса растительности. Первый ярус представлен саксаулом черным, средняя высота составляет 1,9 м, диаметр кроны – 1,75 м, а диаметр корневой шейки – около 9 см. Второй ярус слагается чингилем, который достигает в высоту 1,3–1,5 м. В третьем ярусе представлены терескеном, высотой до 30 см. В четвертом ярусе мы наблюдали сухостой эфемеров, т.к. закладка трансекты была в летний период. Чингиль образует кусты с диаметром кроны, достигающим 1,5–2 м.

Трансекта 2-2 также представляет собой чингиловую ассоциацию, однако она выделена в отдельный участок, в связи с большим возрастом саксаула черного и лучшим его жизненным состоянием. Высота саксаула черного – 2,5 м, диаметр кроны – 2,34 м, диаметр корневой шейки – 11,4 см. На данной трансекте чингиль встречается реже, однако большими зарослями. Продвигаясь



ближе к концу трансекты, в отдалении от протока, заросли чингиля практически выпадают. Уровень грунтовых вод – 4,3 м.

Трансекты 2-1 и 2-2 выделены на маршруте, расположенном перпендикулярно от протока Нарын. На этих участках мы можем наблюдать изменение в растительных ассоциациях, а также динамику таксационных показателей, способных оценить степень антропогенного влияния.

Трансекта 2-3 представляет собой участок семенного саксаула, находящийся в отдалении от населенного пункта, и особо охраняемый работниками Каройского лесхоза. Глубина залегания грунтовых вод – 5 м. Трансекта расположена на слегка волнистой равнине, на сероземных почвах. Эдификатором ассоциации является саксаул черный, во втором ярусе встречается полынь белоземельная и кейреук. Максимальная высота деревьев достигает 4,5 м, средняя высота – 3,4 м. Во втором ярусе господствует полынь, высотой 20–30 см. Так как преобладает в данной ассоциации полынь, мы отнесли данную ассоциацию к серополынным черносаксаульникам (*Artemisia terrae-albae* – *Haloxylon aphyllum* ass.).

Трансекта 2-4 расположена на наиболее далеком расстоянии от населенного пункта (около 1 км). Глубина залегания грунтовых вод – 4,5 м. Максимальная высота деревьев достигает 5,5 м, средняя высота – 3,3 м. Во втором ярусе господствует полынь, высотой 20-30 см. Так как преобладает в данной ассоциации солянка (*Salsola kurbanovii*), мы отнесли данную ассоциацию к сочносолянковым черносаксаульникам.

В пределах Баканасского глинистого района, в пределах трех древних русел реки Иле: Нарын-баканас, Орта-Баканас, Шет-Баканас было заложено 8 трансект. По мере продвижения по маршруту от русла реки Иле по направлению к пустыне Сарыесик-Атырау лесорастительные условия закономерно изменялись, но не в значительной степени (рисунки 11).

Трансекты 3-1 была заложена на территории Баканасского лесхоза, 46 км от населенного пункта Баканас. На участке трансекты расположен колодец, с уровнем грунтовых вод – 6 м. Рельеф представляет собой равнину с суглинистыми почвами. В растительном покрове выделяется 3 яруса. Эдификатором данного сообщества является саксаул черный, достигающий максимальную высоту 2,9 м, при средней высоте – 2,4 м. Во втором ярусе господствует полынь высотой до 30-35 см, в третьем ярусе наблюдаются эфемеры, не превышающие высоту 10–15 см. Саксаул черный произрастает неравномерно, встречаются оголенные участки поверхности почвы, участки произрастания полыни. Сообщество, произрастающее на данном участке, мы относим к серополынным черносаксаульникам.

Трансекта 3-2 находится на расстоянии 9 км от предыдущей в направлении северо-запада вдоль древнего русла р. Иле. На территории заложеной площади, находится колодец, при уровне грунтовых вод – 6,5 м. Почвы представляют собой легкие разности такырово-сероземных почв, с едва заметным полигональным рисунком. Сообщество, эдификатором, которого является саксаул черный, мы отнесли к кейреуково-серополынным черносаксаульникам (*Salsola richteri* + *Artemisia terrae-albae* – *Haloxylon*

*aphyllum* ass.). Данная ассоциация по флористическому составу ближе к серополынным черносаксаульникам, однако, ассоциация на трансекте 3-2 отличается преобладанием кейреука. Черносаксаульники данной местности можно отнести к редколесьям, достигающим в высоту – 1,4 м, при средней высоте – 1,1 м.

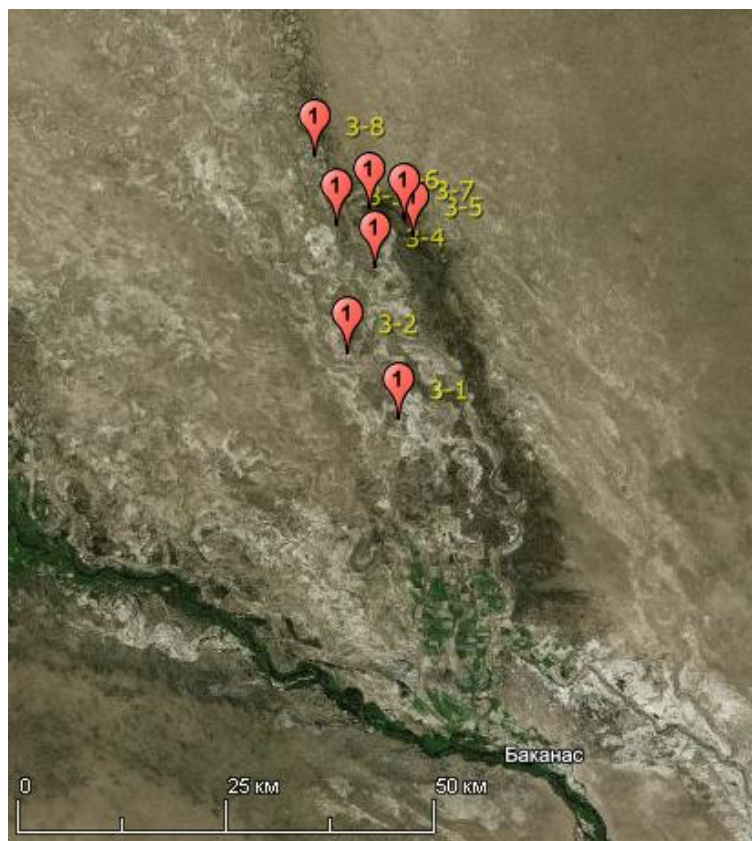


Рисунок 11 – Трансекты участка Баканас

Трансекта 3-3 расположена в межгрядовом понижении, слегка волнистой равнины. Высота песчаной гряды составляет 3-4 м, на вершинах гряд произрастает саксаул белый. Почвы такырово-сероземные. Уровень грунтовых вод в колодце составляет 7,9 м. Сообщество, произрастающее на данном участке, мы относим к серополынным черносаксаульникам. Эдификатором данного сообщества является саксаул черный, достигающий максимальную высоту 2,1 м, при средней высоте – 1,9 м. Во втором ярусе господствует полынь высотой до 20 см.

Трансекта 3-4 отличается от предыдущей близким залеганием грунтовых вод – 6,3 м. Данная трансекта находится на высоте 366,3 м н.у.м. и отличается более низким расположением. Сообщество, слагается из однолетних солянок и эфемеров с господствующим положением саксаула черного. На открытых участках наблюдаются выцветы солей. Данное сообщество мы отнесли к кейреуковым черносаксаульникам, которые характеризуются большой продуктивностью эдификатора, достигающим в высоту 6,2 м, при средней высоте 5,2 м. Диаметр кроны составляет 3,8 м, а диаметр корневой шейки – 30

см. В данной ассоциации высокая степень сомкнутости крон, на некоторых участках кроны саксаула полностью смыкаются. Травянистый ярус, состоящий и однолетних солянок, располагается на пустых участках. Под кронами саксаула произрастают эфемеры и однолетники. Также большей высотой отличается второй ярус, представленный солянками. Эфемеры находятся в отцветшем состоянии.

Далее, трансекты закладывались по берегам древнего русла реки Иле - Шет-Баканас. Уровень грунтовых вод здесь выше, чем на предыдущих участках, что обуславливает лучшее развитие саксаула черного. Почвы относятся к такырово-сероземным солонцеватым почвам.

Трансекта 3-5 располагается на расстоянии 115 м на северо-восток от предыдущей трансекты, уровень грунтовых вод здесь составляет 5,5 м. По составу сообществ, а также почвенным характеристикам данный участок соответствует трансекте 3-4, однако во втором ярусе преобладает кейреук. Саксаул черный на данном участке имеет высоту от 2,5–4,2 м, и средним диаметром корневой шейки – 12 см.

Трансекта 3-6 была заложена на равнине с сероземными почвами. Возраст саксаула черного составляет 6 лет, данный участок представляет интерес с точки зрения естественного восстановления черносаксаульников. Подрост высотой до 1,4 м произрастает очень обильно, густота на данном участке составляет 1838 штук на га. Так как густота произрастания саксаула черного очень высокая, а также в почвенном покрове много валежника от предыдущего поколения саксаула, оставшегося после рубки, отмечается малое количество сопутствующих растений. Единично можно встретить солянки и эфемеры.

Трансекта 3-7 представляет собой наиболее продуктивные черносаксаульники, находящиеся в относительно естественном состоянии. Средняя высота саксаула черного составляет 2,94 м, а максимальный диаметр корневой шейки – 60 см.

Трансекта 3-8 заложена на расстоянии 75 км от с. Баканас в северо-западном направлении. Участок представляет собой переходную границу между древней Баканасской дельтой и предпесковой зоной пустыни Сарыесик-Атырау. Уровень грунтовых вод достигает 6,0 м. Рельеф представляет собой волнистую равнину, с очень разреженной растительностью. Высота саксаула черного не превышает 1,7 м, при диаметре корневой шейки – 7 см.

Экспериментальный материал содержит в себе описание 15 трансект, расположенных на трех участках Иле-Балхашского региона. Возраст деревьев саксаула черного достигал 26 лет, при минимальном возрасте насаждений – 6 лет. Высота также варьировала в широких пределах: в старовозрастных древостоях высота деревьев достигала 6,2 м, а диаметр корневой шейки – 60 см, диаметр кроны – 6,5 м. Геоморфология также изменялась от трансекты к трансекте. Так, в ходе исследований встречались прирусловые равнины, слабоволнистые равнины, невысокие бугристые пески, межрядовые понижения. Уровень грунтовых вод изменялся от 3,7-7,9 м. Таким образом, исходный материал для исследований содержал в себе широкий набор экотопических, фитоценологических характеристик.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1 Динамика площадей черносаксауловых лесов Иле-Балхашского региона

Недостаточная устойчивость пустынных экосистем обуславливает необходимость систематического наблюдения за их состоянием, получения информации по динамике и изменениям пустынной растительности [25, с. 9].

С целью изучения основных тенденций динамики лесных сообществ Иле-Балхашского региона были использованы данные Баканасского коммунального учреждения лесного хозяйства, Управления природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Алматинской области Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан [30, с. 7]. Материалом для оценки изменения саксауловых лесов послужили отчеты, содержащие лесоустроительную информацию, которая позволила объективно оценить состояние и динамику лесных экосистем за счет регулярного мониторинга и систематизированных данных.

Важнейшими показателями, характеризующими лесной фитоценоз, продуктивность и динамику растительности, являются распределение лесов по видовому составу, группам возраста, данные об условиях произрастания, составе, структуре растительного сообщества. В связи с этим, в нашем исследовании в основу оценки динамики саксауловых лесов были положены показатели площадей насаждений, а также возрастной состав древесного яруса. Анализ лесоустроительных материалов проведен по отчетам, начиная с 1978 по 2013 годы. Данный отрезок времени включает в себя периоды наиболее интенсивной вырубki саксауловых лесов, период введения запрета на рубки главного использования, а также период восстановления саксауловых лесов.

Согласно учету лесного фонда на 05 января 2013 года общая площадь Баканасского ГУ, включающего в себя 4 лесничества (Каройское, Баканасское, Аккольское, Кокतालское), составляет 1 558 997 га. В состав земель лесного фонда входят лесные и нелесные земли. К лесным землям относятся территории покрытые лесом, которые в 2013 году составили 907494 га, а также непокрытые лесом земли, включающие в себя вырубki, гари, погибшие насаждения, прогалины и т.д. – 472249 га. Процент участия покрытой лесом площади государственного лесного фонда сравнительно невысокий – 58,6 %, основной лесобразующей породой является саксаул черный (*Haloxylon aphyllum* Minkw.), далее по занимаемой территории располагаются саксаул белый (*Haloxylon persicum* Bng.), лох серебристый (*Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb.), тополь разнолистный (*Populus diversifolia* Schrenk.) и т.д.

На основании проанализированных данных был составлен график изменения площадей черносаксауловых лесов Иле-Балхашского региона в период с 1978 по 2013 годы (рисунок 12).

На графике четко прослеживается положительная динамика изменения площади насаждений саксаула черного, начиная с 1978 года. Данная тенденция,

по нашему мнению, обусловлена проведением лесохозяйственных мероприятий, направленных на лесовосстановление.

В советский период ежегодно решением Областного исполнительного комитета выделялся лесной фонд для главного использования, на котором проводились сплошные вырубki саксаула черного с использованием оборудования, уничтожающего особей саксаула всех возрастов. Так, в 1984 году на рубку саксаула главного использования было выделено 4400 га, в 1985 г – 6000 га.

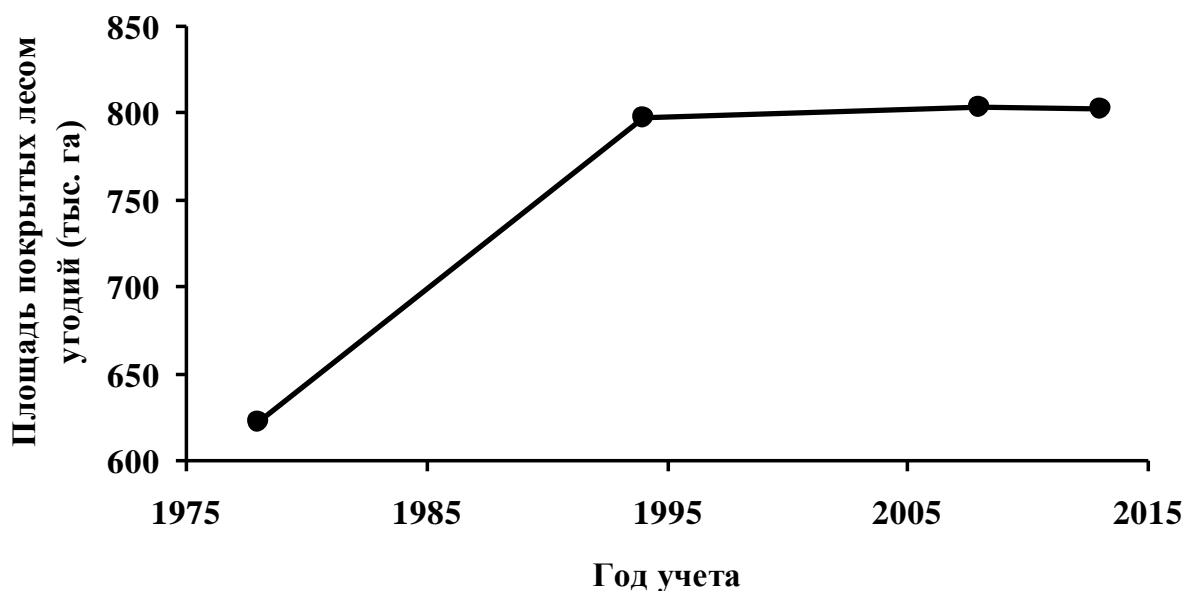


Рисунок 12 – Анализ динамики площадей черносаксаульников государственного лесного фонда

Можно предположить, что это послужило причиной отсутствия возобновления на территориях вырубki, а это в свою очередь повлекло за собой сокращение площадей, занятых черным саксаулом. Однако ежегодно производились посев и посадка саксаула черного: площадь посева в 1981 году составила 6100 га, 1984 г – 6000 га, 2008 г. – 1678 га.

На графике видно, что в 1978 году площадь черносаксауловых лесов составила 621938 га. Далее, до 1994 года наблюдается резкое возрастание площадей лесов, что можно объяснить проведением лесохозяйственных мер, регулирующих воздействия на лесные экосистемы. К таким восстанавливающим мероприятиям относятся: 1) посев и посадка культур саксаула черного; 2) содействие естественному возобновлению; 3) санитарные рубки и рубки ухода. Благодаря данным мерам, площадь черносаксауловых лесов возросла до 796256,8 га в 1994 году. Однако населением проводились вырубki саксаула черного на топливо, нелегальные рубки для сбыта, что приводило к уменьшению запаса саксауловых лесов, несмотря на мероприятия проводимые учреждениями лесного хозяйства.

Правительство Республики Казахстан, в постановлении № 460 от 23 апреля 2004 года запрещает рубки главного использования в саксауловых насаждениях

на участках государственного лесного фонда, а также устанавливает меры по восстановлению и сохранению саксауловых лесов [203, 204]. Согласно данному постановлению, запрещено основное использование лесов, но разрешена санитарная рубка старых деревьев или поврежденных вредителями и болезнями. Однако предусмотренные меры были недостаточными, санитарные рубки не проводились надлежащим образом, а вырубленный саксаул использовался для продажи. Тогда, Правительство Республики Казахстан вносит дополнительные изменения в постановление от 2004 года и запрещает все виды рубок в саксауловых насаждениях государственного лесного фонда республики до 31 декабря 2018 года (Постановление Правительства РК № 815 от 09.08.2013).

Данные действия Правительства отражаются на изменении площади черносаксауловых лесов. С 2002 года, когда было принято постановление «О мерах по сохранению саксауловых насаждений в Республике Казахстан» начала прослеживаться положительная динамика лесного фонда. Так, мы можем наблюдать достаточно стабильное положение саксауловых лесов, начиная с 1994 по 2013 годы (рисунок 12).

Увеличение площадей является результатом хозяйственной деятельности, осуществляемой в предшествующий и анализируемый периоды. Ежегодно происходит посев и посадка саксаула черного на площади от 50 – 6500 га (в 1988 году). Площади естественного зарастивания от вырубки (27409 га в 2008 г.), территории естественного возобновления саксаула (1650 га в 2008 г.) переводятся в земли, покрытые лесом. Однако, наблюдается, хотя и незначительное, но сокращение площади черносаксаульников с 803571 га в 2008 г. до 802000 га в 2013 году. Отрицательная динамика, вероятно, обусловлена незаконными рубками черного саксаула, в результате несоблюдения мер по охране лесов.

Для выявления характера и тенденций возобновления основных лесообразующих пород в Иле-Балхашском регионе были использованы данные лесоустройства по группам возраста черносаксауловых лесов за период с 1978 по 2013 годы [30, с. 15]. В результате проведенного анализа была составлена таблица распределения саксауловых лесов по группам возраста (таблица 9).

Таблица 9 – Анализ динамики распределения популяций черного саксаула по возрастным группам (га)

Группы возрастов	Период учета лесного фонда			
	1978	1994	2008	2013
Молодняки (3-9 л)	32794,0	52325,6	62515,0	65587,0
Средневозрастные (10-17 л)	321424,0	373829,0	515489,0	515489,0
Приспевающие (18-24 л)	247461,0	366466,2	186487,0	181844,0
Спелые и перестойные (25-30 л)	20259,0	3636,0	39080,0	39080,0
Всего	621938,0	796256,8	803571,0	813 706,0

Анализируя ситуацию по возрастной структуре саксауловых лесов, четко прослеживается проведение лесохозяйственных мероприятий, таких как посев и посадка культур черного саксаула. Площади молодняков увеличиваются на каждый исследованный период. Причем, можно отметить, резкое увеличение молодых деревьев – 32794 га в 1978 году и 52325,6 га в 1994 году.

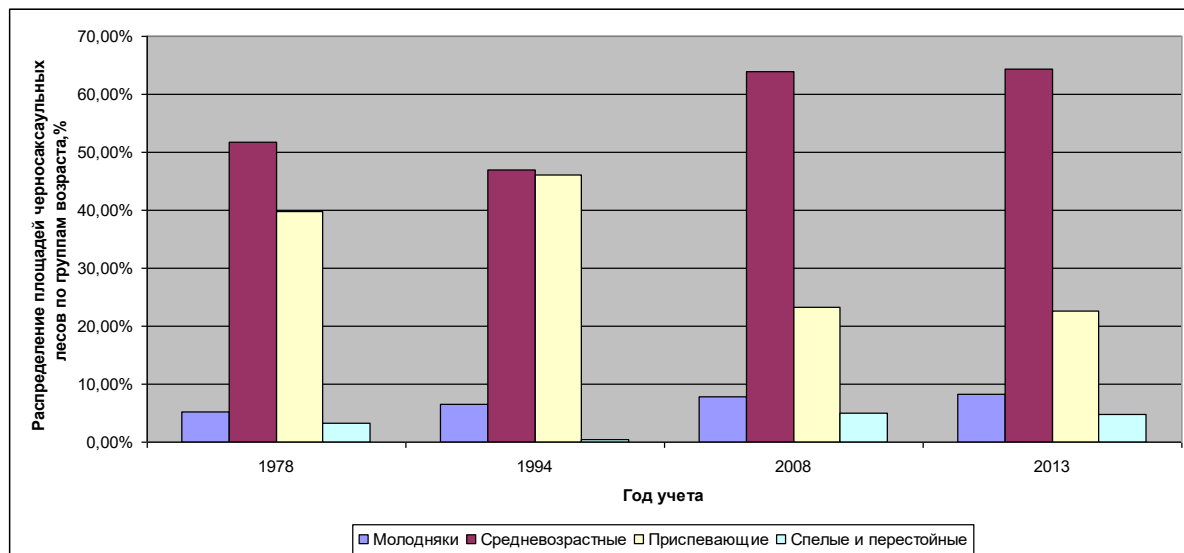


Рисунок 13 – Распределение площадей черносаксауловых лесов по группам возраста за период с 1978 по 2013 годы

На диаграмме (рисунок 13), в процентном соотношении представлены группы возраста черносаксаульников. Среди насаждений преобладающими оказались средневозрастные насаждения (10-17 лет), из года в год наблюдается положительная тенденция увеличения площадей молодняка (от 3-9 лет), а также сокращение спелых и перестойных деревьев (25-30 лет и выше). Данная картина свидетельствует об удовлетворительном состоянии лесов черного саксаула, и, при надлежащем уходе и охране лесных ресурсов от незаконных рубок, мы можем прогнозировать тенденцию увеличения площадей, занимаемых черносаксаульниками.

Таким образом, анализируя данные, можно предположить, что в перспективе при проведении природоохранных мероприятий, направленных на сохранение черносаксауловых лесов произойдет восстановление этой очень важной в экологическом плане породы. По нашему мнению, положительная динамика площадей саксаула черного возможна только при длительном отсутствии воздействия антропогенных факторов, проведении лесовосстановительных мероприятий, а также ужесточении мер, направленных на охрану саксауловых лесов. В связи с этим необходимо проведение постоянного мониторинга за состоянием пустынных экосистем, использование региональных научных разработок в области лесного хозяйства [205].

Изменение площадей распространения черносаксауловых сообществ отражают общую динамику территорий, занятых саксаулом. Распределение по группам возраста также не дает полную характеристику состояния

черносаксауловых сообществ на территории Иле-Балхашского региона. В связи с этим необходимо определить структуру фитоценозов, а в частности провести анализ возрастной динамики отдельной особи и сообщества в целом.

### 3.2 Возрастная динамика таксационных показателей черного саксаула

Возрастная динамика древостоя имеет большое биологическое значение, так как с ней связаны закономерности его формирования, расчленение его на вертикальные пологи, величина фитомассы, ход роста древостоя и направленность процессов его смен.

Саксауловые леса – сложная и динамичная формация Иле-Балхашского региона. В процессе развития лесной фитоценоз постоянно изменяет состав и таксационные характеристики. Для определения закономерностей этих изменений необходимо исследование возрастной динамики таксационных показателей в различных условиях произрастания.

Возрастная динамика таксационных показателей (высота, диаметр корневой шейки, диаметр кроны) древостоев изучались по данным 15 трансект, заложенных в различных лесорастительных условиях Иле-Балхашского региона (таблица 10).

Таблица 10 – Таксационные показатели саксаула черного

Трансекта	Возраст (лет)	Высота (м)			Диаметр корневой шейки (см)			Диаметр кроны (м)		
		max	min	ср.± станд. откл.	max	min	ср.± станд. откл.	max	min	ср.± станд. откл.
Участок 1- Куйган										
1-1	10	2,1	0,5	1,3±0,3	14	2	6,6±3,1	2,2	0,5	1,3±0,5
1-2	11-12	2,2	0,7	1,6±0,4	15	2	7,5±3,2	2,2	0,5	1,4±0,4
1-3	9	1,8	0,6	1,4±0,3	10	2	6,7±2,4	1,9	0,5	1,2±0,3
Участок 2 - Карой										
2-1	10-12	3,7	1,1	1,91±0,76	14,5	5,1	8,27±2,65	2,7	0,8	1,75±0,47
2-2	15-18	3,6	1,2	2,51±0,55	23,8	4,5	11,41±4,89	3,9	0,9	2,34±0,76
2-3	18-20	4,5	2	3,41±0,72	28	7,9	15,85±5,16	5	2	3,16±0,72
2-4	15-18	5,5	2,1	3,03±0,64	28,2	6,4	13,3±5,19	5,1	1,9	2,97±0,72
Участок 3 - Баканас										
3-1	15	2,9	1,3	2,3±0,411	14	7	9,95±2,29	3,8	1,2	2,25±0,54
3-2	7-8	1,4	1	1,1±0,17	7	5	6±0,816	1,3	1	1,1±0,129
3-3	10-15	2,1	1,7	1,9±0,182	10	8	9,25±0,957	2	1,5	1,7±0,206
3-4	25	6,2	2,5	3,6±0,944	30	14	19,12±4,997	4,5	2,5	3,2±0,541
3-5	18	4,2	2,5	3,2±0,427	14	10	12±1,306	3,5	2,5	2,9±1,306
3-6	6	1,4	1	1,16±0,159	6	4	5,23±0,7	0,8	0,5	0,65±0,11
3-7	23	5,4	1,7	2,94±0,782	60	5	12,9±8,983	6,5	1,1	2,56±0,992
3-8	8	1,7	1,3	1,5±0,163	8	6	7±0,816	1,3	1	1,1±0,129

*Высота.* Средняя высота является основным таксационным показателем, так как наряду с полнотой древостоя определяет продуктивность элемента леса.

Возраст в модели варьируется от 6 до 25 лет, а средняя высота деревьев от 1,1 м до 3,6 м. Данная модель имеет высокую корреляцию  $R^2 = 0,816$ .



Экспериментальные данные проведенных исследований ограничивались возрастом 25 лет и до этого возраста мы наблюдали увеличение средней высоты. В литературных источниках приводятся данные о состоянии саксаульников в возрасте технической спелости [206]: в возрасте 20-25 лет саксаул черный относится к спелым саксаульникам, достигшим наибольшего развития. Прирост в этом возрасте по высоте замедлен, начинается распад дерева. Согласно Леонтьеву В.Л. [207], высота дерева закономерно увеличивается с возрастом и достигает количественную зрелость в 30 лет, в этот период наблюдается прекращение роста и усыхание саксаула.

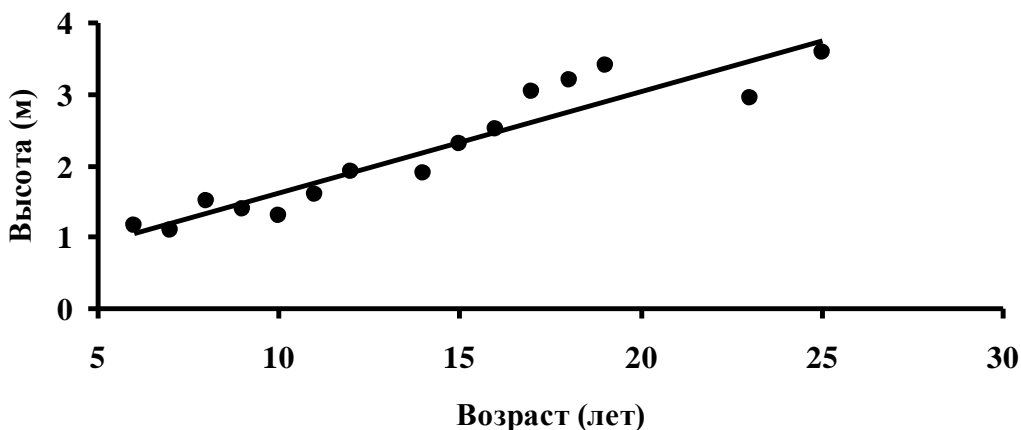


Рисунок 14 – Возрастная динамика высоты дерева. Значимость представленной модели находится на уровне  $\alpha = 0,05$

Возрастная динамика высоты дерева саксаула представлена в виде модели. Высота дерева увеличивается с возрастом по линейной зависимости (рисунок 14). На основе выявленных закономерностей модели, получаем уравнение регрессии для средних высот саксаула черного:

Таблица 11 – Регрессионная модель высоты дерева саксаула черного в зависимости от возраста

Уравнение	$R^2$
Высота = $0,1424x + 0,1966$	0,816

В исследованиях по возрастной динамике лесных фитоценозов используется показатель густоты, как фактор, влияющий на ход роста древостоя. Для выявления значения густоты в возрастной динамике высоты древостоя, мы построили уравнение множественной регрессии, однако статистическая значимость коэффициента регрессии густоты не подтверждается. Таким образом, мы можем сделать вывод, что густота не оказывает первостепенного влияния на динамику роста саксаула черного.

Сравнительная характеристика возрастной динамики средней высоты саксаульного леса в различных лесорастительных условиях дает следующие

результаты. В общей динамике роста саксаула черного не наблюдается больших различий в зависимости от района исследований. Однако, в черносаксаульниках современной дельты реки Иле (участки Куйган и Карой) рост в высоту идет быстрее, чем в черносаксаульниках древней дельты реки Иле (участок Баканас). Данная закономерность обуславливается более близким залеганием грунтовых вод и благоприятными почвенными условиями на современной дельте, что также подтверждается данными Усольцева В.А. [208].

*Диаметр корневой шейки.* Средний диаметр корневой шейки также является важным таксационным показателем, участвующим наряду со средней высотой в определении продуктивности древостоя. Графическая интерпретация возрастной динамики диаметра корневой шейки представлена на рисунке 15.

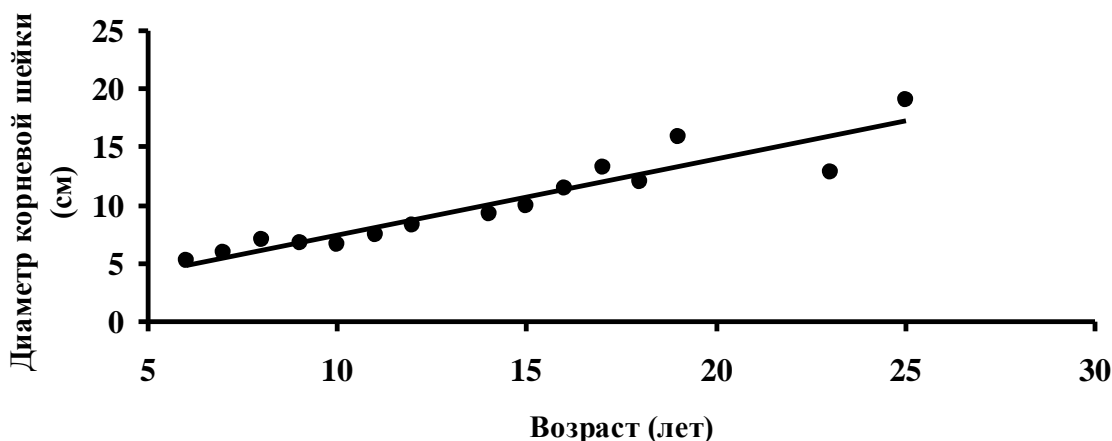


Рисунок 15 – Возрастная динамика диаметра корневой шейки дерева саксаула черного. Значимость представленной модели находится на уровне  $\alpha=0,05$

Зависимость диаметра корневой шейки дерева от возраста также является высокой и имеет линейную зависимость. С возрастом у деревьев саксаула черного закономерно увеличивается диаметр ствола ( $R^2=0,860$ ). Взаимосвязь среднего диаметра корневой шейки с возрастом отражается уравнением регрессии (таблица 12).

Таблица 12 – Регрессионная модель высоты дерева саксаула черного в зависимости от возраста

Уравнение	$R^2$
Диаметр корневой шейки = $0,65556x+0,8941$	0,860

Варьирование размеров диаметра ствола саксаула черного объясняется особенностями его формирования. Так, семенное поколение саксаульников, обычно имеет один основной ствол, от которого отходят побеги второго порядка. Представители же порослевого поколения, развиваются на срубленных стволах, после рубки, обычно на них развивается несколько стволов (3–4) и саксаул приобретает форму многоствольного дерева [209].

Исследование возрастной динамики изменения диаметра корневой шейки, в различных популяциях, дали следующие результаты. Различия двух исследуемых популяций по диаметру корневой шейки не значительны. Можно говорить об одинаковом ходе роста в обоих лесных фитоценозах без особого влияния почвенно-гидрологических условий на скорость накопления биомассы ствола саксаула черного.

*Крона.* Диаметр кроны саксаула черного играет важную роль в накоплении биомассы, а также отражает условия произрастания леса. Возрастная динамика высоты дерева саксаула представлена в виде модели.

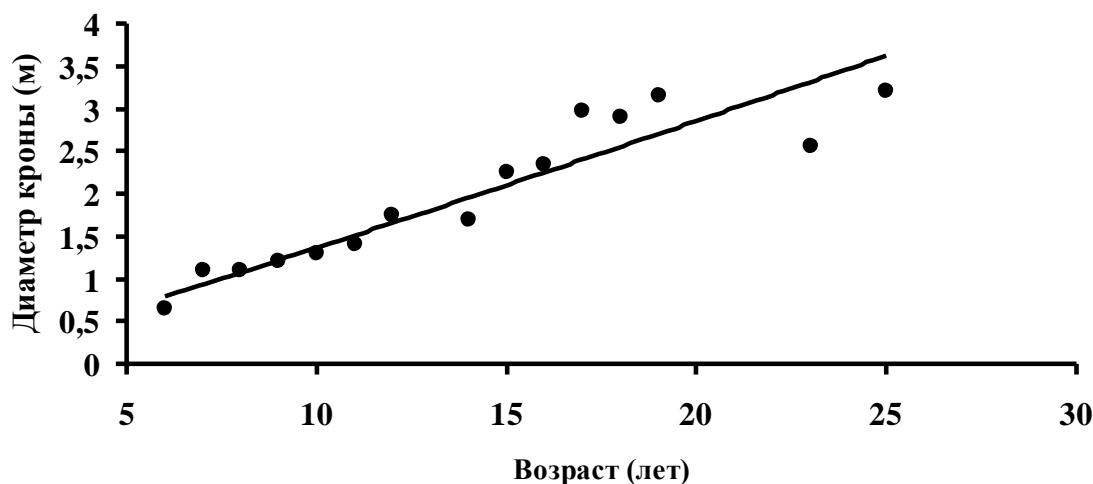


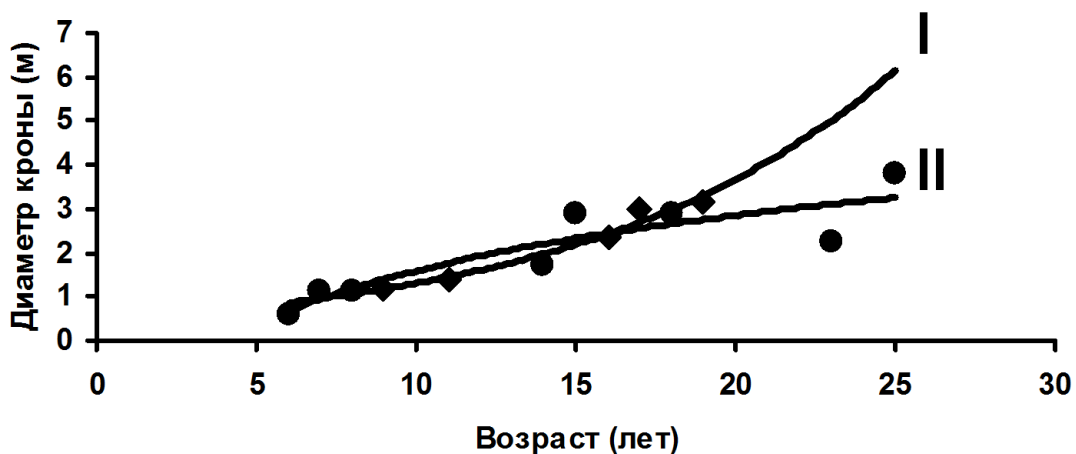
Рисунок 16 – Возрастная динамика диаметра кроны дерева саксаула черного. Значимость представленной модели находится на уровне  $\alpha=0,05$

Диаметр кроны дерева увеличивается с возрастом по степенной зависимости (рисунок 16). В отличие от высокой зависимости высоты и диаметра корневой шейки, корреляция возраста и диаметра кроны ниже  $R^2=0,756$ , но все равно находится на высоком уровне.

Таблица 13 – Регрессионная модель диаметра кроны дерева саксаула черного в зависимости от возраста

Уравнение	$R^2$
Диаметр кроны = $0,1168 x^{1,0668}$	0,756

Данная модель зависимости приобретает степенной характер, т.е. можно предположить, что диаметр кроны увеличивается в размерах значительно быстрее, чем высота и диаметр ствола, модель которых выражена линейной зависимостью. Слабая связь между возрастом и диаметром кроны, возможно, объясняется тем фактом, что большее влияние на развитие кроны играет глубина грунтовых вод [210]. Таким образом, возраст оказывает наименьшее влияние на формирование кроны. Данная закономерность прослеживается при сравнении возрастной динамики формировании кроны в различных условиях произрастания (рисунок 17).



I – популяция черносаксаульников современной дельты реки Иле, II – популяция черносаксаульников древней дельты реки Иле

Рисунок 17 – Возрастная динамика диаметра кроны саксаула черного

Корреляционная связь между диаметром кроны и возрастом черносаксаульников древней дельты реки Иле - слабее (0,801), чем черносаксаульников современной дельты реки Иле (0,981). То есть возрастные изменения кроны саксаула на современной дельте ярко выражены. В свою очередь мы можем наблюдать различный диаметр кроны при одном возрасте в древней дельте. Также наблюдается разница в закономерности увеличения диаметра кроны. Логарифмическая функция изменения диаметра кроны черносаксаульников древней дельты реки Иле обусловлена постепенным накоплением биомассы кроны саксаула. Экспоненциальная же зависимость хода роста кроны черносаксаульников современной дельты реки Иле говорит о быстром накоплении биомассы и увеличении кроны. Например, в возрасте 18 лет диаметр кроны черносаксаульников современной дельты реки Иле составляет 3,4 м, в то время как черносаксаульники современной дельты реки Иле данный диаметр кроны имеют в возрасте 25 лет.

Все исследуемые таксационные показатели находятся в зависимости от возраста. Так, высота и диаметр корневой шейки имеют высокую корреляцию ( $R^2=0,816$  и  $R^2=0,860$  соответственно) с возрастом и представляет собой линейную зависимость. Однако зависимость между возрастом и диаметром кроны имеет слабую степенную зависимость. Данный фактор означает, что увеличение кроны с возрастом идет намного быстрее, чем накопление биомассы ствола и роста в высоту.

Подводя итог, следует отметить, что особых различий в закономерностях возрастной динамики таксационных показателей различных популяций мы не наблюдали. Однако накопление биомассы в черносаксаульниках современной дельты реки Иле происходит намного быстрее. Саксаул черный в данном фитоценозе в 15-летнем возрасте имеет таксационные параметры 25-летнего саксаула черносаксаульников древней дельты реки Иле. Высота и диаметр корневой шейки закономерно изменяются и после 15-летнего возраста

черносаксаульники современной дельты реки Иле имеют более быстрый рост в высоту и быстрое увеличение диаметра корневой шейки, что связано с достижением корневой системы грунтовых вод. Различия в возрастной динамике диаметра кроны более выражены относительно исследуемых популяций. Начиная с 16-летнего возраста, модель показывает различные темпы роста кроны. В данном возрасте происходит увеличение размеров кроны черносаксаульников современной дельты реки Иле. В то время как развитие кроны черносаксаульников древней дельты реки Иле находится на так называемом состоянии «плато» [211].

Определив закономерности возрастной динамики таксационных показателей, мы имеем представление о ходе роста среднего дерева и накоплении биомассы саксаула черного с возрастом. Однако древостой не однороден по своему составу. Изменчивость различных таксационных показателей подчиняется общим законам строения и структуры древостоя. Научный интерес представляет выявление вариабельности таксационных показателей в лесном сообществе.

### 3.2.1 Вариации таксационных показателей ценопопуляций черносаксаульников различных возрастных групп

В лесу все подчинено принципу глубокого внутреннего единства, положением деревьев в сообществе, так характеризуется вся внутренняя структура древесного яруса, которая названа законом единства в строении лесного фитоценоза. Сообщество состоит из множества отличающихся между собой по своим размерам деревьев, сочетание которых носит далеко не случайный характер [35, с. 42]. Длительной практикой и многими научными исследованиями установлено, что в древостое отдельно взятого элемента леса распределение числа деревьев по грациям их размеров имеет определенные закономерности. Доказано, что строение древостоев имеет различную специфику. Одним из основных пунктов изучения закономерности распределения является вопрос стабильности (или динамичности) лесных сообществ относительно вариабельности лесоводственно-таксационных факторов [33, с. 65].

В геоботанических исследованиях принято выделение различных ценопопуляций на основе вариации таксационных показателей [54, с. 12]. В нашем исследовании, мы проанализировали все таксационные параметры (высота, диаметр корневой шейки, диаметр кроны) с целью выявления закономерностей строения саксауловых фитоценозов и распределения деревьев по различным параметрам.

Общеизвестно, что изменчивость таксационных показателей тесно связана с возрастом, происхождением древостоев, интенсивностью рубок ухода, биологическими особенностями древесной породы, условиями местопрорастания, возрастной структурой и географическим районом [124, с. 198]. Таким образом, мы рассматривали влияние возраста и условий прорастания на распределение деревьев в ценопопуляции по таксационным

параметрам (путем выделения двух типов леса с различными почвенно-гидрологическими условиями).

На основе анализа собранных материалов были рассчитаны средние значения основных таксационных показателей. В таблице 14 представлены средние значения показателей роста деревьев черносаксауловых сообществ в различных классах возраста.

Таблица 14 – Средние значения таксационных показателей двух популяций черносаксаульников по возрастным группам

Таксационные показатели	Возраст (лет)		
	6-12 ± станд. откл.	13-18 ± станд. откл.	19-25 ± станд. откл.
Черносаксаульники современной дельты реки Иле			
Диаметр корневой шейки (см)	7,1±2,8	12,35±5,04	15,85±5,16
Диаметр кроны (м)	1,3±0,35	2,65±0,74	3,16±0,72
Высота (м)	1,5±0,35	2,77±0,595	3,41±0,72
Черносаксаульники древней дельты реки Иле			
Диаметр корневой шейки (см)	5,7±0,703	11,25±1,499	19,03±4,325
Диаметр кроны (м)	0,93±0,129	2,5±0,421	3,02±0,337
Высота (м)	1,26±0,165	2,46±0,473	4,22±0,799

Прослеживаются следующие закономерности. Все таксационные показатели изменяются с возрастом в сторону увеличения. Черносаксаульники современной дельты реки Иле обладают более продуктивными фитоценозами, все таксационные параметры во всех классах возраста превышают таковые в популяциях черносаксаульников древней дельты реки Иле. Это связано с благоприятными условиями произрастания черносаксаульников современной дельты. Основным лимитирующим фактором является уровень грунтовых вод, который составляет здесь глубину от 3,7 м до 5 м. В черносаксаульниках древней дельты уровень грунтовых вод варьирует от 5 м до 7,9, что оказывает значительное влияние на ход роста деревьев. Известно, что саксаул черный произрастает на территориях неглубокого залегания грунтовых вод доступных корневой системе. При близком залегании грунтовых вод деревья саксаула черного достигают высоты 5-7 м, при глубоком – низкие кустарники до 2-3 м.

*Динамика рядов распределения по высоте.* Средние значения коэффициентов вариации деревьев саксаула черного по высоте представлены в таблице 15.

В общей динамике возрастных изменений высоты саксаула черного следует отметить, что изменчивость высот деревьев колеблется в пределах от 12,5 % в возрасте 7-8 лет до 26,8 % (возраст 23 года).

Наибольший коэффициент вариации высоты наблюдается на трансекте 3-7, которая характеризуется продуктивными черносаксаульниками, находящимися в относительно естественном состоянии. Наименьшая вариативность

приурочена к состоянию лесного фитоценоза на трансекте 3-2 (7–8 лет). С возрастом коэффициент вариации высоты увеличивается во всех типах леса. Однако в черносаксаульниках современной дельты вариация находится на низком уровне, т. е. во всех классах возраста вариабельность высот практически одинакова. В то время как в сообществе черносаксаульников древней дельты коэффициент вариации значительно увеличивается, переходя от класса к классу. С увеличением возраста древостоя коэффициент вариации высот для всех исследуемых насаждений в среднем может быть равным: в первом классе возраста – 16,2 %, во втором – 21 %, в третьем – 24,5 %.

Таблица 15 – Значения коэффициентов вариации деревьев саксаула черного по высоте в пределах возрастных групп двух популяций

Возраст (лет)								
6-12			13-18			19-25		
Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия	Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия	Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия
Черносаксаульники современной дельты реки Иле								
1-1	13,4	-0,086	2-1	22,1	-0,034	2-2	21,1	-0,928
1-2	21,5	-0,573	2-3	21,1	1,334			
Черносаксаульники древней дельты реки Иле								
3-2	12,5	-0,05	3-1	19,9	-1,052	3-4	25,7	1,164
3-6	13,7	0,372	3-3	26,6	0,332	3-7	26,8	1,185
3-8	19,9	-1,052	3-5	15,5	-0,893			
Среднее	16,2 %			21%			24,5 %	

Коэффициент вариации по высоте и возраст имеет высокую корреляционную связь в двух типах леса. Однако данная зависимость имеет различную степень выраженности. Так, в черносаксаульниках современной дельты реки Иле с увеличением возраста наблюдается тенденция к усложнению структуры древостоя и большая дифференциация по высоте. Возможно, это также связано с антропогенным влиянием и переходным состоянием сообщества. Меньшую зависимость, имеют сообщества черносаксаульников древней дельты реки Иле. Коэффициент асимметрии варьирует от минус 1,052 до 1,185.

Густота оказывает влияние на вариацию высот во всех типах лесных фитоценозов. С увеличением густоты наблюдается увеличение вариабельности высот деревьев.

Отмечается, что изменения соотношений между диаметром кроны и высотой при большой густоте в основном обуславливается не возрастом деревьев, а уровнем конкуренции, которая приводит к росту деревьев преимущественно в высоту [51, с. 67].

*Динамика рядов распределения по толщине корневой шейки.* Анализ собранного экспериментального материала показал, что ряды распределения деревьев по толщине имеют довольно широкий диапазон варьирования статистических характеристик.

Для выявления общего характера данной зависимости, пробные площади были объединены по классам возраста и для каждого из них выводились средние значения коэффициента вариации и асимметрии. Эта работа проводилась отдельно по типам леса. Результаты расчетов приведены в таблице 16.

В общей динамике возрастных изменений диаметра корневой шейки прослеживается следующая закономерность. Изменчивость диаметров корневой шейки саксаула черного колеблется в пределах от 13,3 % в возрасте 18 лет до 69,5 % (возраст 23 года).

Таблица 16 – Значения коэффициентов вариации деревьев саксаула черного по диаметру корневой шейки в пределах возрастных групп двух популяций

Возраст (лет)								
6-12			13-18			19-25		
Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия	Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия	Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия
Черносаксаульники современной дельты реки Иле								
1-1	27	0,331	2-1	42,3	0,729	2-2	32,5	-0,525
1-2	24,1	-0,255	2-3	39	0,91			
Черносаксаульники древней дельты реки Иле								
3-2	13,9	0	3-1	15,3	0,297	3-4	26,1	0,875
3-6	13,3	-0,368	3-3	30,9	0,882	3-7	69,5	3,838
3-8	15,3	0,297	3-5	13,3	-0,931			
Среднее	18,7 %			28,1 %			42,7 %	

Наибольший коэффициент вариации диаметра корневой шейки наблюдается на трансекте 3-7, которая характеризуется продуктивными черносаксаульниками, находящимися в относительно естественном состоянии. Наименьшая вариативность приурочена к состоянию лесного фитоценоза на трансектах 3-5, расположенных в межрядовом понижении, слегка волнистой равнины, также не большой коэффициент вариации наблюдался на трансекте 3-6. Сообщество, произрастающее на данном участке, представляет собой однородный подрост в возрасте 6 лет.

С возрастом коэффициент вариации диаметра ствола увеличивается во всех типах леса. С увеличением возраста древостоя коэффициент вариации диаметров корневой шейки для всех исследуемых насаждений в среднем может быть равным: в первом классе возраста – 18,7 %, во втором – 28,1 %, в третьем – 42,7 %. Изменение этого показателя довольно точно отражает характер дифференциации деревьев во времени.

Данная зависимость прослеживается при сравнении двух типов леса. Оба типа леса имеют высокую корреляционную зависимость между коэффициентом вариации диаметра корневой шейки и возрастом. Однако, как показывают исследования, черносаксаульники современной дельты имеют большую корреляцию. Между типами леса наблюдается некоторое различие в значениях коэффициента вариации диаметров. Черносаксаульники современной дельты



обладают большей изменчивостью диаметров, чем черносаксаульники древней дельты. Эта разница в сравниваемых типах леса наблюдается во всех классах возраста. Вариативность диаметров черносаксаульников современной дельты по всем классам возраста составляет 33,8 %, черносаксаульников древней дельты – 24,7 %. Однако данная вариативность показателей может быть результатом действия определенных факторов: разница в микрорельефе, густоте древостоя, а также антропогенном влиянии на лесной фитоценоз. В нашем случае данная закономерность объясняется наличием одновозрастных сообществ черносаксаульников на супесчаных равнинах. Так, на трансектах 3-2, 3-6, 3-8 произрастают лесные сообщества возрастом от 6 до 8 лет, толщина стволов на данном участке не обладает высокой вариативностью, т.к. система находится на начальном этапе становления структуры после сплошной рубки.

Наряду с коэффициентом варьирования важным параметром, наиболее полно характеризующим форму распределения количества стволов в насаждении, является показатель асимметрии ряда.

Величина этого показателя в исследуемых древостоях изменяется в довольно широких пределах – от минус 0,525 до плюс 3,838 (таблица 16). Данные показывают, что с увеличением возраста коэффициент асимметрии увеличивается. В первом классе возраста наблюдается отрицательное значение коэффициента асимметрии, однако на трансекте 3-2 асимметрия равна нулю, что говорит о нормальном симметричном распределении деревьев по диаметру корневой шейки. Проведя расчеты по выявлению зависимости возраста и коэффициента асимметрии, не было выявлено достоверной корреляции.

Многие исследователи отмечают, что форма кривой распределения деревьев по диаметру или показатель асимметрии находится в тесной зависимости от вида и интенсивности естественного изреживания древостоев и является определенной характеристикой последнего. В нашем исследовании выявлена закономерность увеличения коэффициента асимметрии при увеличении густоты древостоя. Фактическое распределение числа деревьев по диаметру удовлетворительно описывается законом нормального распределения.

Полученные нами данные по вариации диаметров корневой шейки в черносаксауловых сообществах отличаются от таковых в «классических» лесах. Например, по проведенным исследованиям в различных лесах (сосняках, дубняках различного породного состава) коэффициент вариации толщины стволов уменьшается с возрастом, тогда как в нашем исследовании данный коэффициент наоборот увеличивается. Это объясняется антропогенной нарушенностью лесных экосистем саксаула черного, посредством проведения рубок и бесконтрольным изыманием деревьев из сообщества, а также возобновление саксаула черного порослевым способом. Также это можно объяснить ограниченностью в возрастных данных, максимальный возраст исследуемых саксаульников составляет 25 лет, что является технической зрелостью древостоя, но не естественной. Подобные характеристики вариации диаметров были доказаны в ходе исследований в лесных сообществах после пожаров и сплошных рубок [94, с. 151].

Таким образом, диапазон колебаний показателей, характеризующих ряды распределения числа деревьев по диаметру, является довольно широким. В конкретных насаждениях возрастом от 6 до 25 лет коэффициент варьирования диаметров колеблется от 13,3 % до 69,5 %. Вариативность диаметра корневой шейки в среднем по всем классам возраста составляет 29,8 %.

*Динамика рядов распределения по диаметру кроны.* Известно, что конкурентные взаимоотношения между деревьями затрагивают в первую очередь рост крон, затем они сказываются на размерах стволов, являющихся результатом физиологических процессов, протекающих в древесном пологе. Поэтому при изучении динамики таксационных показателей древостоев, биомассы, а также обосновании приемов и методов рубок ухода за лесом значение приобретает исследование строения древесного полога.

Таблица 17 – Значения коэффициентов вариации деревьев саксаула черного по диаметру кроны в пределах возрастных групп двух популяций

Возраст (лет)								
6-12			13-18			19-25		
Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия	Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия	Трансекта	Вариация (%)	Ассиметрия
Черносаксаульники современной дельты реки Иле								
1-1	0,5	-0,004	2-1	32,8	0,151	2-2	22,9	0,579
1-2	11,9	0,038	2-3	24,2	1,108			
Черносаксаульники древней дельты реки Иле								
3-2	15,5	0,579	3-1	21,9	0,143	3-4	10,9	0,742
3-6	17	-0,061	3-3	29,7	1,108	3-7	38,6	1,596
3-8	21,9	0,143	3-5	10,9	-0,186			
Среднее	13,3 %			23,9 %			24,1 %	

Большинство работ, посвященных этому вопросу, в основном касаются изучения взаимосвязей между размерами крон деревьев и таксационными признаками древостоев. Сведения об особенностях распределения деревьев по размерам крон довольно ограничены. Результаты статистической обработки экспериментальных материалов приведены в таблице 17.

Средний диаметр крон деревьев в исследуемых сообществах с возрастом закономерно увеличиваются: от 0,5 до 6,5 м. Коэффициент вариации диаметра крон изменяется от 0,5 % (11 лет) до 38,6 % (23 года). Наименьшая вариативность по диаметру кроны наблюдалась на трансекте 1-1. Трансекта расположена в межрядовых понижениях на супесчаных сероземах. Уровень грунтовых вод от 3,7 до 4,0 м. Средняя высота саксаула черного составляет 1,5 м. Наибольшая вариация диаметра кроны, также как и диаметра корневой шейки относится к трансекте 3-7.

С возрастом коэффициент вариации диаметра кроны увеличивается во всех типах леса. С увеличением возраста древостоя коэффициент вариации диаметров кроны для всех исследуемых насаждений в среднем может быть

равным: в первом классе возраста – 13,3 %, во втором – 23,9 %, в третьем – 24,1 %.

Анализ коэффициентов вариации для различных типов леса показал, что вариация диаметров крон саксаула черного в черносаксаульниках древней дельты выше для 2 и 3 классов возраста, коэффициент асимметрии варьирует от минус 0,186 до 1,596.

В результате проведенных исследований установлено, что диапазон колебаний показателей, характеризующих ряды распределения числа деревьев по диаметру кроны, является довольно широким. Вариации диаметров крон в черносаксаульниках древней дельты немного выше, в среднем по всем классам возраста составляет 20,8 %, что на 2,34 % выше, чем в черносаксаульниках современной дельты (вариация составляет 18,46 %). Выявлено, что возраст оказывает значительное влияние на диаметр крон насаждений.

Подводя итог исследованиям, проведенным с целью изучения вариации различных таксационных показателей черносаксауловых сообществ, можно сделать следующие выводы: все таксационные показатели (диаметр корневой шейки, диаметр кроны, высота) имеют значительные коэффициенты вариации.

Проводя анализ по типам леса, выяснилось, что черносаксаульники современной дельты реки Иле обладают большей вариативностью всех таксационных признаков по сравнению с черносаксаульниками древней дельты реки Иле. Среди таксационных характеристик наибольшие вариации отмечены у диаметров корневой шейки.

По всем таксационным показателям коэффициент вариации увеличивается с возрастом. Зависимость этих показателей достаточно высока. Наименьший, хотя достаточно значительный коэффициент вариации наблюдался у диаметра кроны.

Также исследовалось влияние густоты на коэффициенты вариации таксационных показателей и получены следующие результаты. Взаимосвязь густоты и вариации таксационных показателей оказалась на среднем уровне. Как и в случае с возрастом, густота оказывает значительное влияние на черносаксаульники современной дельты. В свою очередь, наибольшее влияние она имеет на показатели высоты, наименьшее на диаметр кроны.

Сравнивая полученные результаты по вариации таксационных показателей черносаксауловых лесных фитоценозов и «классические» лесные фитоценозы мы обнаружили значительные различия в характеристике и закономерностях варьирования значений роста древостоя. Строение древостоев «классических» лесов характеризуется уменьшением коэффициента корреляции с возрастом. В нашем же исследовании, наблюдается обратная закономерность, с возрастом наблюдается увеличение вариации таксационных показателей, что связано с нахождением системы на начальном этапе становления структуры. Также это можно объяснить ограниченностью в возрастных данных, максимальный возраст исследуемых саксаульников составляет 25 лет.

Средний уровень влияния густоты на произрастание, а также вариации таксационных признаков черносаксауловых сообществ подтверждается также исследованиями в сосновых древостоях. Исследованиями строения древостоев

по диаметру было установлено, что на ряд распределения по диаметру не влияют возраст, полнота и бонитет насаждения, а влияет только средний диаметр древостоя. Однако в саксауловых фитоценозах мы наблюдали высокую корреляцию между возрастом и изменчивостью признаков.

Противоречия в закономерностях строения классических древостоев и наших результатах состоят также в том, что вариация характеризуется меньшими значениями в более благоприятных условиях местопроизрастания. Следовательно, черносаксаульники современной дельты, обладая наилучшими почвенно-гидрологическими условиями, должны характеризоваться меньшей изменчивостью параметров. Однако в нашем случае возникает обратная ситуация. Мы это связываем, прежде всего, с антропогенным влиянием. Некоторыми исследованиями также отмечается влияние антропогенных факторов (рубок, мелиорация, удобрения, подсочка, загрязнение атмосферного воздуха) на формирование структуры насаждений [33, с. 21]. Большая вариация показателей, обосновывается постоянным поступлением подроста в сообществах, в связи с изъятием деревьев саксаула черного и тем самым уменьшением конкуренции. В данном случае имеет значение именно несанкционированные рубки, т.к. исследования, проведенные в сосновых сообществах по влиянию рубок ухода на строение древостоя, доказывают положительное их влияние. Рубки ухода в «классических» древостоях существенно уменьшают коэффициент варьирования диаметров [33, с. 22]. В черносаксауловых сообществах также действует данная закономерность, т.к. в связи с труднодоступностью или охраной черносаксаульников древней дельты наблюдается уменьшение вариации показателей, несмотря на ухудшение условий среды.

Изучение таксационных показателей предшествует исследованиям, направленным на определение биомассы, как отдельного дерева, так и древостоя. В связи с этим необходимы исследования биомассы древесного яруса черносаксауловых сообществ на основе выявленных закономерностей динамики таксационных показателей.

### **3.3 Формирование биомассы древесного яруса черносаксауловых сообществ Иле-Балхашского региона**

Хорошие результаты при оценке надземной биомассы деревьев в известных условиях местопроизрастания обеспечивают математические модели, в которых в качестве независимых переменных используются возраст, диаметр и высота деревьев. В моделях такой структуры возраст является основополагающим фактором воздействия на характер формирования надземной биомассы, так как любой таксационный признак является функцией возраста. Исследованиям биомассы древостоев предшествует изучение их первичной единицы - отдельного дерева [33, с. 154]. В дальнейшем определение биомассы отдельных фракций черного саксаула. Однако научный интерес представляет изучение биомассы саксауловых лесов в связи с их вкладом в фиксацию углерода, а также определение продуктивности пустынных экосистем. На основании данных исследований можно

спрогнозировать динамику продуктивности, а также оценить лимит изъятия биомассы из экосистемы.

### 3.3.1 Формирование надземной биомассы дерева и биомассы древесного яруса черносаксаулового фитоценоза

Возрастная динамика биомассы отдельного дерева и древостоев саксаула черного изучались по данным 15 трансект, заложенных в различных лесорастительных условиях Иле-Балхашского региона (таблица 18).

Биомасса каждого дерева, а также общая биомасса была высчитана по формулам определения наземной биомассы саксаула черного [2, с. 5]. Также методом математического расчета, исходя из биомассы дерева (биомассы древостоя) и возраста, был рассчитан годовой прирост биомассы. Биомасса древостоя была вычислена путем умножения биомассы среднего дерева на густоту насаждений.

Таблица 18 – Характеристика средних показателей биомассы дерева и древостоя саксаула черного

Трансекта	УГВ (м)	Возраст (лет)	Густота (шт/га)	Биомасса дерева (кг/дер)	Годовой прирост биомассы (кг/дер)	Биомасса древостоя (т/га)	Годовой прирост биомассы древостоя (т/га в год)
Участок 1- Куйган							
1-1	4,0	10	1663	10±5,8	1	16,63	1,66
1-2	4,6	10-12	950	12,7±7	1,15	12,06	1,09
1-3	3,7	9	780	10,4±5,1	1,16	3,64	0,9
Участок 2 - Карой							
2-1	4	10-12	1436	12,39±5,01	1,03	17,8	1,48
2-2	4,3	15-18	1055	20,79±7,85	1,39	21,9	1,37
2-3	5	18-20	1242	34,34±12,58	1,7	42,6	2,13
2-4	4,5	15-18	975	27,20±9,82	1,6	26,52	1,56
Участок 3 - Баканас							
3-1	6	15	891	25,5±1,548	1,7	22,7	1,51
3-2	6,5	7-8	346	7,9±0,319	1,28	2,9	0,41
3-3	7,9	10-15	1050	16,7±0,383	1,19	17,53	1,25
3-4	6,3	25	911	89,7±2,852	3,58	81,7	3,27
3-5	5,5	18	1508	31,8±2,117	2,49	47,9	2,66
3-6	6,0	6	1838	6,4±0,213	1,06	11,7	1,95
3-7	5,5	23	2000	37,7±11,575	1,63	75,4	3,28
3-8	6,0	8	327	11±0,306	1,37	3,59	0,45

Биомасса дерева на участке 1, в общем, немного ниже, чем на участке 2 и 3 в соответствующем возрасте. Самый большой возраст саксаула черного в ходе исследований отмечается на уровне 25 лет, и биомасса дерева на территории данной трансекты в Баканасе намного выше (89,7±2,852), чем на других участках, хотя уровень грунтовых вод глубже.

На основе данных по биомассе среднего дерева была построена модель возрастной динамики биомассы саксаула (рисунок 18), которая выражается регрессией. Коэффициент корреляции данных параметров составляет 0,905 (таблица 19).

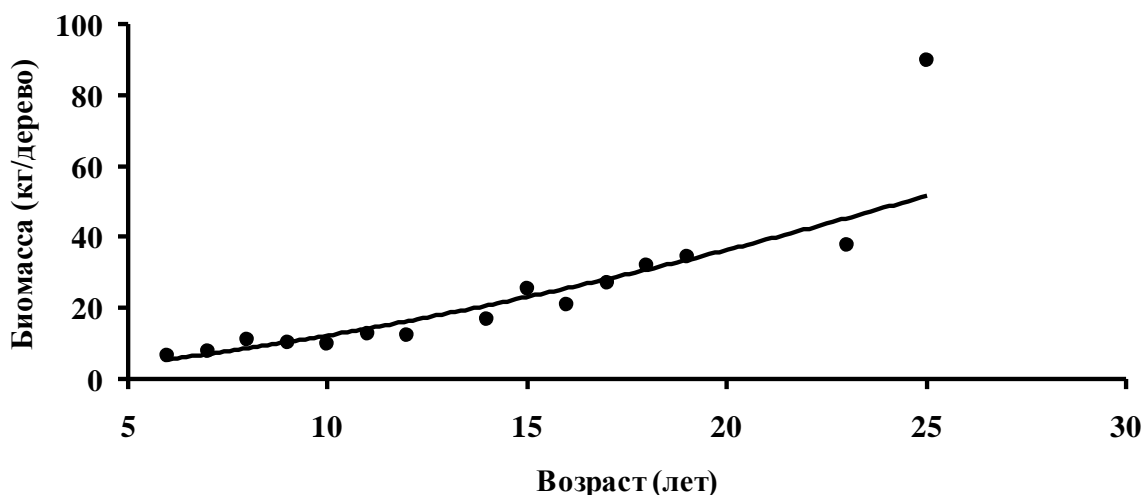


Рисунок 18 – Возрастная динамика биомассы саксаула черного. Значимость представленной модели находится на уровне  $\alpha=0,05$

Таблица 19 – Регрессионная модель биомассы дерева саксаула черного в зависимости от возраста

Уравнение	$R^2$
Биомасса дерева= $0,3285 x^{1,571}$	0,905

В связи с тем, что биомасса дерева складывается из совокупности его фракций можно сделать вывод о вариабельности биомассы дерева в разрезе типов леса. Так как мы можем наблюдать превышение всех параметров роста в черносаксаульниках современной дельты реки Иле в отличие от черносаксаульников древней дельты, то, следовательно, биомасса будет варьировать в тех же пределах. Таким образом, общая продуктивность черносаксаульников современной дельты выше, что обусловлено в основном почвенно-гидрологическими условиями, а именно уровень грунтовых вод - основной лимитирующий фактор произрастания саксаула черного [212]. Это подтверждается данными по исследованию влияния уровня грунтовых вод на высоту саксаула [213].

*Формирование надземной биомассы древостоя саксаула черного.* Генетические особенности деревьев и их ценотическое положение в древостое обуславливает варьирование надземной биомассы. Биомасса деревьев может быть точно оценена только на основе их линейных размеров, а биомасса древостоя напрямую зависит от густоты насаждений. Для выявления возрастной динамики формирования биомассы древостоя была построена модель (рисунок 19) и выведено уравнение регрессии (таблица 20).

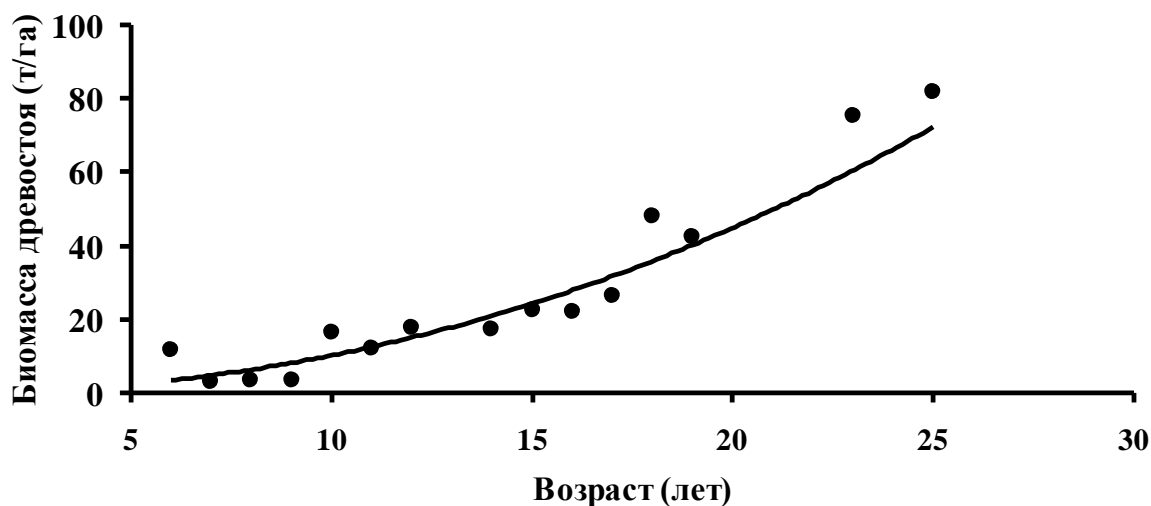


Рисунок 19 – Возрастная динамика биомассы древостоя саксаула черного. Значимость представленной модели находится на уровне  $\alpha=0,05$

Таблица 20 – Регрессионная модель биомассы древостоя саксаула черного в зависимости от возраста

Уравнение	$R^2$
Биомасса древостоя= $0,0748 x^{2,135}$	0,784

Наибольшая биомасса наблюдается в Баканасе на трансекте 3-4 и 3-7, 89,7 т/га и 37,7 т/га соответственно. Для сравнения, на трансекте 2-3 в Карое в возрасте 18–20 лет, биомасса составляет 34,34 т/га. Наибольшая биомасса, зафиксированная в ходе всего исследования, наблюдалась на трансекте 3-4, что связано с высокими таксационными показателями древостоя. На втором месте по объему биомассы имеет трансекта 3-7, что также объясняется большим возрастом древостоя, а также большой густотой (2000 деревьев на га). Густота на участке Карой уменьшается с возрастом на трансектах, тогда как похожей закономерности не наблюдается на участке Баканас. Это свидетельствует о том, что меньшее число деревьев во втором типе леса компенсируется большими размерами деревьев. Как мы можем наблюдать, наибольшую продуктивность имеют высокоплотные насаждения черносаксаульников.

На формирование надземной биомассы деревьев и древостоев оказывают влияние различные факторы: лесорастительная зона, условия местопроизрастания, густота древостоев и т.д. В подобных исследованиях анализируется, прежде всего, влияние густоты древостоев. Известно, что она определяет развитие не только кроновой массы, но и линейных размеров стволов [54, с. 19].

Таким образом, густота древостоя имеет первостепенное значение в формировании биомассы сообществ. В связи с этим необходимо выявить степень влияния густоты на таксационные показатели, как основные при формировании биомассы отдельного дерева. А также, влияние на показатели густоты различных типов леса с приуроченными к ним почвенно-

гидрологическими условиями и возрастную динамику самоизреживания саксаульников.

Так, в черносаксаульниках древней дельты начальная густота превышает такую в черносаксаульниках современной дельты из-за неблагоприятных условий произрастания. Благоприятные условия произрастания обуславливают повышение конкуренции и уменьшение густоты с возрастом, тогда как в черносаксаульниках древней дельты неблагоприятные условия обуславливают увеличение густоты насаждений.

Формирование биомассы дерева и древостоя идет по степенной зависимости при высоком коэффициенте корреляции. Однако в модели возрастной динамики биомассы дерева корреляция выше в связи с закономерным ходом роста отдельного дерева. При построении модели биомассы древостоя учитывалась его густота. Невысокая корреляция объясняется совместным воздействием возрастной динамики дерева и густоты.

### 3.3.2 Особенности формирования надземной биомассы саксауловых лесов Иле-Балхашского региона

Несомненный интерес при разработке мероприятий по повышению устойчивости саксауловых лесов представляет выявление отклонений в их росте и развитии, а также в формировании наземной биомассы. Эта цель может быть достигнута на основе сравнения полученных результатов с результатами аналогичных исследований, проведенных в лесных фитоценозах разных лесорастительных условий.

Для сравнения использовались наши исследования (на основе аллометрической формулы Вурас и др. [2, с. 5]), для черносаксаульников различных условий произрастания. Для выведения данного уравнения множественной регрессии исследовались саксауловые леса Казахстана, Узбекистана и Туркменистана с различным антропогенным влиянием. В результате были получены унифицированные уравнения для определения биомассы деревьев для всей Центральной Азии. Входными данными для получения биомассы деревьев являлись высота, диаметр кроны, диаметр корневой шейки. Вторым исследователем Азенов М.Х. [73, с. 14], занимающийся изучением формирования биомассы саксаула черного, специализировался на лесных фитоценозах южных и средних пустынь Казахстана и изучал закономерности наземной биомассы черного саксаула пустынных территорий в зависимости от показателей возраста, высоты, диаметра кроны, диаметра корневой шейки. Труды Колтуновой А.И. и Макаренко А.А. [214] изложены в Нормативах таксации лесов Казахстана (1987). В данном труде находятся таблицы хода роста насаждений саксаула черного Южного Прибалхашья. В качестве входных данных для расчета биомассы саксаула использовались высота, диаметр корневой шейки (таблица 21).

В общей картине формирования биомассы дерева наши данные (Вурас и др.), превышают такие же данные других авторов. Особенно данная закономерность касается деревьев, не достигших 10-летнего возраста. На трансекте 3-2 при возрасте 7 лет разница в показателях биомассы составляет



6,35 кг с данными Азенова М.Х. и 5,8 кг по данным Колтуновой А.И., Макаренко А.А.. Меньшие значения биомассы по данным Азенова М.Х. характеризуются неблагоприятными условиями произрастания черносаксаульников.

Таблица 21 – Сравнительные данные надземной биомассы дерева саксаула черного

Трансекта	Возраст (лет)	Густота (шт/га)	Биомасса дерева (кг/дер.)		
			Высота, диаметр кроны, диаметр корневой шейки	Возраст, высота, диаметр кроны, диаметр корневой шейки	Высота, диаметр корневой шейки
Входные данные			Высота, диаметр кроны, диаметр корневой шейки	Возраст, высота, диаметр кроны, диаметр корневой шейки	Высота, диаметр корневой шейки
Источник			Бурас и др., 2012 [2, с. 5]	Азенов М.Х., 2009 [73, с. 14]	Колтунова А.И., Макаренко А.А., 1987 [214]
1-1	-	-	-	-	-
1-2	10-12	950	12,7±7	8,58	9,0
1-3	9	780	10,4±5,1	6,29	3,4
2-1	-	-	-	-	-
2-2	15-18	1055	20,79±7,85	21,19	17,0
2-3	18-20	1242	34,34±12,58	40,77	33,5
2-4	15-18	975	27,20±9,82	21,19	24,4
3-1	15	891	25,5±1,548	19,39	19,8
3-2	7-8	346	7,9±0,319	1,55	2,1
3-3	10-15	1050	16,7±0,383	9,78	9,0
3-4	25	911	89,7±2,852	84,61	118
3-5	18	1508	31,8±2,117	32,54	26,6
3-6	6	1838	6,4±0,213	0,78	2,7
3-7	23	2000	37,7±11,575	23,35	28,9
3-8	8	327	11±0,306	1,55	4,2

Таксационные показатели деревьев, произрастающие в пустынных территориях, во многом отличаются от таковых в благоприятных (прирусловых) условиях. Также при составлении таблиц хода роста биомассы Азенов М.Х. использовал классы возраста, поэтому варьирование показателей биомассы может быть связано с различными способами определения возраста, а также возможными ошибками при этом.

Наименьшие значения биомассы представлены в таблицах хода роста саксаула черного Колтуновой А.И., Макаренко А.А. Возможно, это объясняется тем, что в нормативах таксации лесов Казахстана изучается запас древостоя с высотой и диаметром корневой шейки в качестве входных данных. По результатам наших исследований, диаметр кроны оказывает влияние на накопление биомассы. Похожие результаты все авторы мы наблюдаем при

достижении саксаула черного возраста 20-ти лет. В этом возрасте данные по биомассе деревьев не имеют большой вариации.

Таким образом, можно сделать вывод, что на формирование биомассы отдельного дерева на начальном этапе оказывают влияние растительные условия, поэтому мы видим большую разницу в исследованиях разных авторов. Далее, после достижения саксаула 20-ти лет параметры выравниваются и имеют небольшие отклонения.

На биомассу древостоя прямое влияние оказывает густота насаждений. В частности, биомасса древостоя, как указано в таблице 21, значительно превышает значение биомассы, предоставленных в трудах Курочкиной Л.Я. [13, с. 136] и Thevs и др. [215]. Биомасса древостоя по данным Курочкиной [13, с. 137] для черного саксаула составляет от 1,5 до 2,5 т / га для пойменных черносаксаульников и от 3 до 10 т / га в прибрежных районах и сухого морского дна Аральского моря. В песчаных межгрядовых понижениях в биосферном заповеднике Репетек (Туркменистан) по данным Vuras и др. [2, с. 7] и Thevs и др. [215, с. 31] биомасса древостоя черного саксаула также составляла 3-10 т / га. Разница между значениями биомассы древостоя нашего исследования и литературных данных объясняется густотой насаждений. Исследованные черносаксауловые сообщества относятся к природным древостоям, в то время как наше исследование проводилось в фитоценозах, подвергшихся антропогенному влиянию, различным лесоустроительным мерам, с предположительно более высокой густотой древостоев, как в естественных насаждениях [216].

### 3.3.3 Продуктивность древесного яруса черносаксауловых фитоценозов

Основное влияние на годовой прирост биомассы черносаксаульников оказывает густота стояния древесного яруса фитоценоза. Выявлено, что годовой прирост дерева изменяется с возрастом. Среднегодовой прирост составил 1,64 кг/дерево и средняя годовая производительность биомассы 1,68 т / га в год. В возрасте 10 лет и ниже, прирост биомассы на дерево был около 1 кг /дерево (участок Куйган, трансекта 1-2, и Баканас 3-6). В возрасте 15 лет, ежегодный прирост составил 1,7 кг /дерево в год на трансекте 2-2 и на трансекте 3-1. Высокий прирост биомассы на дерево был найден на трансекте 3-4 (возраст 25 лет) – 3,58 кг / дерево в год и на трансекте 3-5 (возраст 18 лет) – 2,49 кг / дерево. Годовой прирост биомассы на гектар четко возрастает с густотой, как показано в таблице 22.

Таблица 22 – Густота и прирост биомассы саксаула черного

Густота древостоя (шт/га)	Диапазон варьирования годового прироста биомассы (т/га в год)	Средний годовой прирост биомассы (т/га в год)
< 900	0,41–1,51	0,82
900-1500	1,09–3,27	1,78
1500-2000	1,95–3,28	2,63

Разделив значения густоты древостоя на 3 класса, мы получили несколько диапазонов значений прироста биомассы в год. Прослеживается варьирование и наложение значений, это можно объяснить различным возрастом исследуемых сообществ. Средний годовой прирост биомассы более четко отражает зависимость от классов густоты.

В качестве рекомендации, мы предлагаем ограничить годовую вырубку древесной биомассы черного саксаула до установленного объема. При густоте до 900 деревьев / га изъятие биомассы саксаула черного не должно превышать 0,82 т / га в год, 1,78 т / га в год при густоте 900-1500 деревьев / га и 2,63 т / га в год при густоте 1500–2000 деревьев / га, соответственно. На показатели прироста биомассы на исследуемых участках частично повлияли рубки и выпас скота, так что биомасса древостоя и ежегодный прирост, как ожидается, будет несколько ниже, чем при ненарушенных условиях.

На трансекте 3-4, которая была недоступна для сильного антропогенного воздействия из-за своего расположения на значительном расстоянии от населенного пункта, годовой прирост составил биомассы 3,58 т / га в год. Это производительность может дать представление о потенциальной продуктивности саксаула черного, в естественных условиях. Таким образом, мы предполагаем, что растительные сообщества, произрастающие в подобных условиях должны иметь максимальную продуктивность. Однако вследствие антропогенного влияния такие насаждения не используют до конца условий произрастания, в которых они находятся, и не обеспечивают максимума годичного прироста и запаса древесины, которые можно получить в условиях эдафотопы [216, с. 212].

Также на формирование биомассы и годичного прироста влияет экологическая дифференциация видов, которые занимают определенную экологическую нишу и способны максимально использовать условия произрастания.

Изучение различных экотипов эдификаторов пустынных сообществ Иле-Балхашского региона позволяет определить связи с условиями местообитания, взаимодействия со средой и является необходимым этапом для познания структуры и динамики растительных сообществ.

## 4 ЕСТЕСТВЕННАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА СТРУКТУРЫ ЧЕРНОСАКСАУЛОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

При углубленных геоботанических исследованиях растительных сообществ необходим детальный анализ структуры фитоценозов. В качестве основных показателей, отражающих характеристику структуры и состава растительного сообщества, были приняты следующие структурные элементы: возрастной состав популяций, флористический состав, сопровождающийся изучением экологической дифференциации эдификаторов, характера изменчивости признаков, ценопопуляции, обилие, а также пространственное размещение ценопопуляций в сообществе.

По мнению Лавренко (1959) [120, с. 21] «геоботаники при изучении растительных сообществ обычно уделяют особое внимание учету количественного участия видов, входящих в то или иное сообщество, определяя теми или иными методами обилие, господство (проективное покрытие), встречаемость видов и их весовые соотношения (урожайность) на исследуемом участке фитоценоза». Таким образом, изучение видовых популяций в нашем исследовании сводится к оценке биологического разнообразия.

Структура фитоценоза была исследована с точки зрения выделения ценозов по диаметру коревой шейки саксаула черного, возрастному спектру ценопопуляций, надземной ярусности, принципов пространственного размещения растительности.

Однако прежде чем перейти к изучению структуры фитоценозов необходимо определить степень полиморфизма эдификаторов растительного сообщества. Так как широкая приспособительная характеристика доминантов обуславливает оптимальную структуру фитоценоза. В связи с этим мы выявили морфо-анатомические особенности двух видов (*Haloxylon aphyllum* и *Haloxylon persicum*), произрастающих в условиях Иле-Балхашского региона.

### 4.1 Сравнительная морфо-анатомическая характеристика *Haloxylon aphyllum* и *Haloxylon persicum* Иле-Балхашского региона

Степень экологической дифференциации различных видов не одинакова. Большинство эдификаторных и доминантных древесных пород встречающихся в различных условиях и приспособленных к широкой амплитуде колебания условий внешней среды, обладают большим полиморфизмом, имеют сложную внутривидовую структуру и представлены значительным количеством эдафических и климатических форм различного объема.

Однако, некоторые виды, приуроченные к специфическим условиям местообитания с относительно небольшой амплитудой колебаний условий среды. Такие виды характеризуются сравнительно малой изменчивостью и имеют простую внутривидовую структуру.

Иле-Балхашский регион характеризуется различными экологическими условиями: основную часть занимают пустыни, такыровидные равнины и прибрежные солончаковые равнины. На территории региона основными древообразующими породами являются саксаул черный и саксаул белый.

Особый интерес представляет выявление морфологических, анатомических признаков и их влияние на участие вида в растительном сообществе, его экологическую нишу.

При проведении морфологического анализа, нами были выявлены следующие закономерности: представители рода *Haloxylon* имеют достаточно большое сходство в строении побегов, листьев, плодов. Различаются виды по жизненным формам и экологическим условиям произрастания. Сравнительная характеристика двух видов *Haloxylon persicum* и *Haloxylon aphyllum* показывает определенные адаптационные признаки псаммофитов и галофитов. Все эти признаки обуславливают адаптацию растений к условиям засоленных и щелочных почв.

Основными представителями пустынной древесной растительности являются представители рода *Haloxylon* - *Haloxylon aphyllum* и *Haloxylon persicum*, обитающие на территории Казахстана и занимающие большие территории в Иле-Балхашском регионе. Кустарники или небольшие деревья высотой от 1,5 (белый саксаул) до 12 м (отдельные представители черного саксаула) с вильчатым ветвлением и членистыми ломкими молодыми побегами. Листья деревьев саксаула редуцированы и представлены в виде супротивных мелких бесцветных чешуек (саксаул белый) или бугорков (саксаул черный). Функция фотосинтеза осуществляют зелёные побеги, содержащие хлорофилл [217].

В нашем исследовании мы провели сравнение анатомического строения зеленых побегов двух видов рода *Chenopodiaceae Haloxylon aphyllum*, *H. persicum*, оценку сходства и различия морфометрических показателей и адаптивных возможностей исследуемых таксонов.

С целью определения сходства и различий между видами саксаула была составлена таблица 22.

Биоэкологи называют саксаул «полудеревом», т.к. побеги саксаула, лишенные листьев, имеющие дифференцированные побеги являются мегафанерофитами пустынь. Их основные морфологические отличия: афилия, побеги, опадают летом. Они создают главный слой, имеют влияние на среду, определяют направление смен в пределах саксаулового цикла развития. Безлистность, веткопадность и гибкость процессов жизнедеятельности, характеризует черный саксаул как растение подвижной экологии. Черный саксаул сочетает признаки ксерофита, мезофита, галофита, произрастающие на опустынивающих тугаях и эоловых песках [23, с. 27]. При проведении анализа морфологической характеристики, выявлены следующие закономерности: представители рода *Haloxylon* имеют достаточно большое сходство в строении побегов, листьев, плодов. Различаются виды по жизненным формам и экологическим условиям произрастания. Сравнительная характеристика двух видов *Haloxylon persicum* и *Haloxylon aphyllum* показывает определенные адаптационные признаки псаммофитов и галофитов. Все эти признаки обуславливают адаптацию растений к условиям засоленных и щелочных почв.

Таблица 22 – Сравнительная морфологическая характеристика представителей рода *Haloxylon*

Морфологические параметры	<i>Haloxylon aphyllum</i>		<i>Haloxylon persicum</i>	
Систематика	отдел	<i>Magnoliophyta</i>	отдел	<i>Magnoliophyta</i>
	класс	<i>Magnoliopsida</i>	класс	<i>Magnoliopsida</i>
	порядок	<i>Caryophyllales</i>	порядок	<i>Caryophyllales</i>
	семейство	<i>Chenopodiaceae</i>	семейство	<i>Chenopodiaceae</i>
	род	<i>Haloxylon</i>	род	<i>Haloxylon</i>
	вид	<i>aphyllum</i> (Minkw.) Цзин	вид	<i>persicum</i> Bunge ex Boiss. & Buhse
Жизненная форма	Невысокое дерево		Высокий кустарник	
Высота	2-5 до 8–10 м		высотой 4–5 (6) м	
Толщина корневой шейки	50–60 см		20–30 см.	
Корневая система	На щелочных почвах достигает 4,1 м, на частично фиксированных бугристых песках, коричневой супесчаной почвы - 7,3 м, а с глубокими отложениями грунтовых вод до 10 м глубины.		Корневая система поверхностная или со стержневым корнем, развивается в глубину до 10–11 м.	
Ствол	Кора ствола темно-серая, древесина тяжелая, плотная, хрупкая, в центре более темная		Кора беловатая или светло-серая. Древесина твердая, хрупкая, трудно поддается обработке	
Побеги	Сочные, темно-зеленые, поникающие, на вкус кисловатые		Молодые веточки суховатые, бледно-зеленые, на вкус горькие	
Листья	Листья супротивные, редуцированные до бугорков. В пазухах листьев короткие курчавые беловатые волоски		Листья очень мелкие треугольно-чешуйчатые, шиловидно-заостренные с белой пленчатой каймой	
Цветки	Цветки мелкие, обоеполые, одиночные, расположены в пазухах мелких чешуевидных листьев, более коротких, чем цветок. Прицветники пленчатые по краю. Тычинок 5, завязь с 4–5 быстро опадающими рыльцами		Цветки обоеполые, невзрачные по одному или по несколько, с двумя небольшими прицветниками. Околоцветник пленчатый с пятью округлыми долями, тычинок 5, пестик с 2–5 короткими лопастными рыльцами	
Плод	Тип – Сухой, Семянка Придатки – Крылья. Плод сверху вдавленный. Крылья с округлым или клиновидным основанием. Семена горизонтальные со спиральным зародышем		Тип – Сухой, Семянка Придатки – Крылья. Плод – сплюснуто-шаровидный крылатый немного мясистый орешек. В плоде помещается плоскоспиральный, зеленеющий уже в оболочке зародыш	
Место произрастания	По современным и древним долинам и дельтам рек. В понижениях между песчаными грядами. Образует густые заросли		Растет в песчаных пустынях преимущественно по пескам, дну котловин, склонам и по вершинам песчаных бугров. Густых зарослей не образует	
Экологическая группа	Ксерофит, светолюбив, галофит, псаммофит		Типичный псаммофит. Очень светолюбив, засухоустойчив, менее солевынослив, чем саксаул черный.	
Использование	Кормовое, техническое		Мелиорирующая пескоукрепительная порода	

Являясь псаммофитом, галофитом, черный саксаул произрастает в древних долинах рек, в понижениях между бугристыми песками, на такыровидных почвах, закрепленных песках. В свою очередь саксаул белый, произрастает в более жестких условиях: в песчаных пустынях, на песчаных почвах, незакрепленных песках, по вершинам песчаных бугров (рисунок 20).



(А) Условия произрастания, (В) Морфологическое строение, (С) Анатомический срез побега (x180)

Рисунок 20 - *Haloxylon aphyllum* (слева), *Haloxylon persicum* (справа)

Благодаря своему естественному доминированию, саксаул может рассматриваться как экологически ключевой вид.

Саксауловые леса выполняют следующие экосистемные функции:

- производство биомассы, является фиксатором углерода;
- закрепление песков, минимизируют дефляцию почв;
- смягчение микроклимата, что обеспечивает рост и развитие сопутствующих растений (например, *Carex physodes*);
- создают условия для жизнедеятельности животных. Один из обитателей саксауловых лесов - илейская саксаульная сойка (*Podoces panderi ilensis*) является единственным эндемиком на подвидовом уровне в фауне птиц Казахстана.
- являются кормовой базой для животноводства.
- являются энергоэффективным биотопливом [2, с. 3].

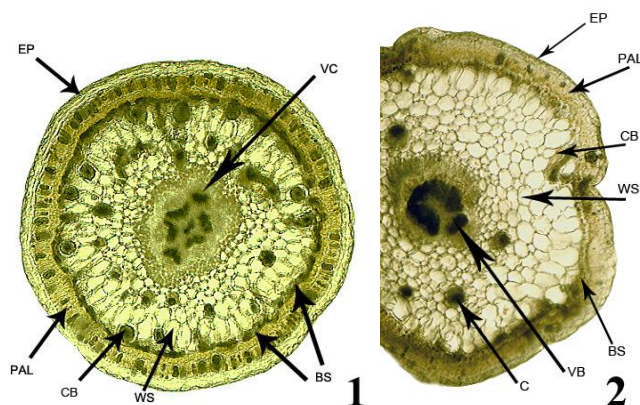
При определении сходства и различия саксаула черного и саксаула белого на структурном уровне использовались поперечные срезы зеленых побегов (рисунок 21).

Как показывает анализ полученных данных, побег на поперечном срезе состоит из эпидермиса, палисадной хлоренхимы, клеток паренхимы, сосудистого цилиндра.

Снаружи побег покрыт кутикулой, защищающий от механических повреждений, а также для защиты от экстремальных температур. Эпидермис состоит из одного (*H. aphyllum*) или из 2-3 слоев (*H. persicum*) примыкающих друг к другу клеток. Эпидермис имеет строго определенные функции и



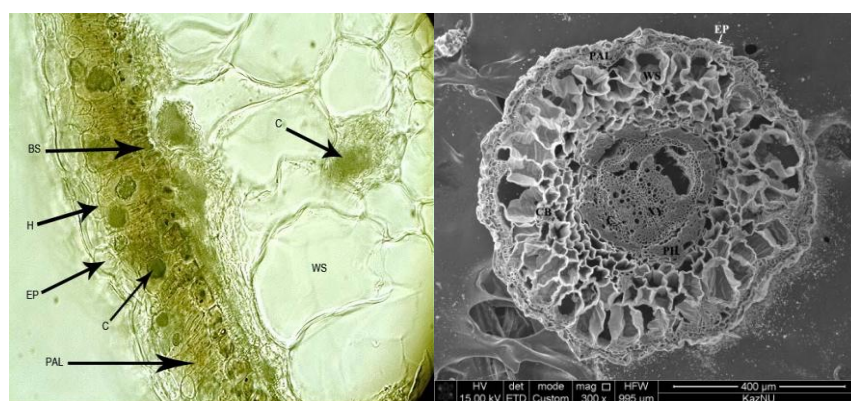
характеризуется не только микроморфологической формой побега. Скорее он имеет функцию защиты клеток палисадной хлоренхимы.



EP- эпидермис, PAL – палисадная хлоренхима, С – кристаллы, BS – клетки обкладки сосудистого пучка, WS –клетки паренхимы, VC, VB – сосудистый цилиндр, СВ – пучки первичной коры.

Рисунок 21 – Анатомическое строение побега *Haloxylon persicum* (1), *Haloxylon aphyllum* (2)

Однако различное количество эпидермальных слоев возможно связано с более жесткими условиями произрастания саксаула белого (3 слоя эпидермальных клеток), следовательно, уменьшается потеря воды и увеличивается жесткость побегов. Под эпидермисом расположен слой гиподермы, выполняющую механическую функцию. У саксаула черного слой гиподермы четко выделен и образует сплошной слой, у саксаула белого, благодаря наличию нескольких слоев эпидермиса, гиподерма не выделена отдельным слоем, а наблюдается отдельными включениями.



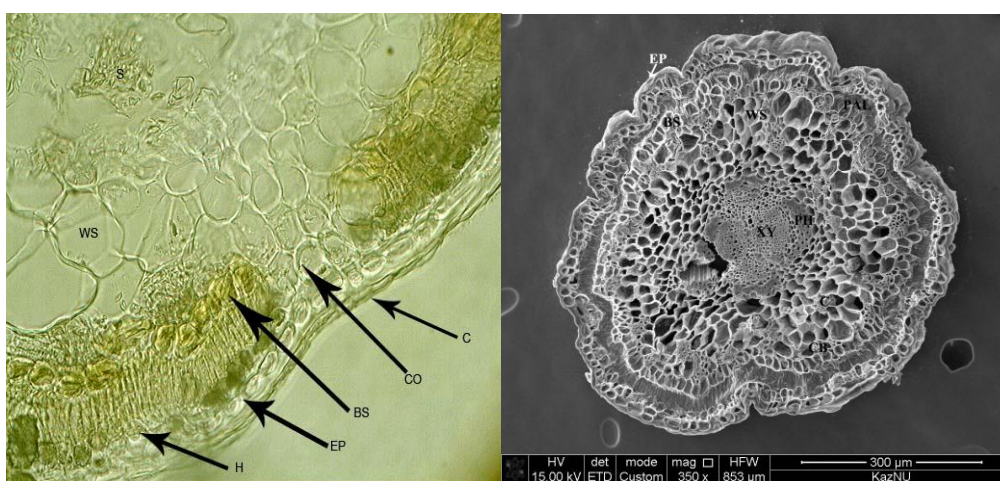
EP- эпидермис, PAL – палисадная хлоренхима, С – кристаллы, BS – клетки обкладки сосудистого пучка, WS –клетки паренхимы, VC – сосудистый цилиндр, СВ –пучки первичной коры, Н – гиподерма

Рисунок 22 – Анатомическое строение побега *Haloxylon aphyllum* (слева – снимок оптического микроскопа, справа – микрофотография, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа)



Под клетками эпидермиса расположен слой палисадной хлоренхимы. Как известно, существенным и наиболее общим признаком, возникающим в процессе эволюционного приспособления к засушливым условиям среды, является редукция листовой пластинки. Слоистость мезофилла при этом у растений увеличивается, особенно сильно развивается палисадная ткань, что позволяет растению противостоять, прежде всего, почвенной засухе. Увеличение слоёв и плотности столбчатой ткани до некоторой степени компенсирует малую площадь фотосинтезирующих органов. Но с другой стороны, при небольшой площади фотосинтезирующей поверхности растения должны обеспечить себя пластическими веществами. Это происходит за счёт развития палисадной паренхимы с обеих сторон побега. Ведь палисадная ткань является самым высокопроизводительным типом ткани и вносит основной вклад в фотосинтез [217, с. 1969].

Проводящие пучки сливаются между собой, формируя сплошной тип строения центрального цилиндра. Сердцевина представлена крупными тонкостенными водозапасающими паренхимными клетками. В паренхимном слое клеток, а также в хлоренхиме расположены кристаллоносные клетки (друзы). Кристаллы солей считают конечными продуктами обмена веществ в растительных организмах, особенно в ксерофитах. Вероятно, кристаллы способствуют увеличению осмотического давления клеточного сока (рисунок 23).



EP- эпидермис, PAL – палисадная хлоренхима, С – кутикула, BS – клетки обкладки сосудистого пучка, WS –клетки паренхимы, VC – сосудистый цилиндр, СВ – пучки первичной коры, СО-колленхима, Н – гиподерма

Рисунок 23 - Анатомическое строение побега *Haloxylon persicum* (слева – снимок оптического микроскопа, справа – микрофотография, полученная с помощью сканирующего электронного микроскопа)

Сосудистый цилиндр представлен ксилемой и флоэмой. Представители саксаула белого имеет симметричную форму расположения ксилемных сосудов с камбиальной обкладкой. В то время как ксилемные сосуды черного саксаула

симметрии не имеют, и камбиальная обкладка образует сплошной слой. Склеренхима имеется у обоих видов *Haloxylon* и представлена в сосудистом цилиндре.

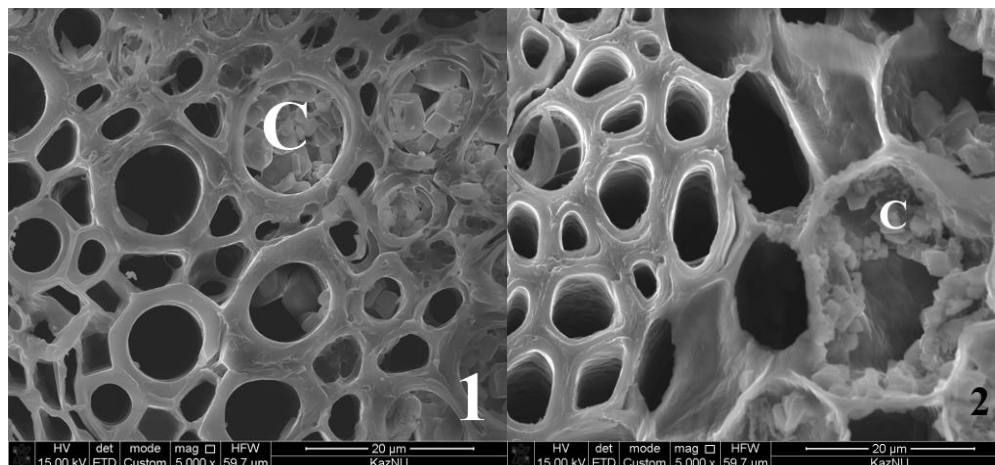


Рисунок 24 – Кристаллы в сосудистом цилиндре в побеге *Haloxylon aphyllum* (1), кристаллы в водозапасающих клетках побега *H. persicum* (2)

Особенности анатомического строения вегетативных органов растений, в том числе и строение побега, достаточно полно отражают их адаптацию к условиям произрастания.

И хотя *Haloxylon persicum* и *Haloxylon aphyllum* встречаются в сходных сообществах и относятся к одной экологической группе псаммофитов, в их анатомическом строении, наряду с признаками сходства, наблюдаются заметные отличия.

К общим признакам, характерным для большинства псаммофитов, относятся следующие:

- форма побега - округлая;
- кристаллы присутствуют в хлоренхиме и паренхиме;
- непрерывная хлоренхима, наличие кристаллов в хлоренхиме;
- наличие кристаллов в паренхиме, удлинённые лучи паренхимы вокруг сосудистого цилиндра;
- наличие первичной коры;
- сосудистый цилиндр, 4 различных расслоения, каждый сосудистый пучок окружен густой склеренхимной оболочкой;
- наличие кристаллов в сосудистом цилиндре;
- хорошо развитая палисадная паренхима;
- хорошо развитая склеренхима.

Основное различие видов саксаула – количество эпидермальных слоев (таблица 23). В связи с дифференцировкой эпидермиса саксаула белого, увеличивается толщина эпидермального слоя. *Haloxylon persicum* имеет толщину эпидермиса – 12,79–13,62 мкм, в то время как *H. aphyllum* – 7,67–10,53 мкм. Увеличение толщины эпидермиса определяет экологическую

приспособляемость вида к экстремальным температурным условиям. Толщина хлоренхимы в обоих видах находится практически на одном уровне.

Хлоренхима – фотосинтезирующая ткань у представителей рода *Haloxylon*, по структуре и характеру химизма усвоения  $CO_2$  соответствует  $C_4$ -типу фотосинтеза. Общая концепция  $C_4$ -синдрома в том, что им обладают эволюционно более молодые таксоны, представители которых имеют высокий температурный оптимум фотосинтеза, высокое плато светового насыщения, более эффективно используют влагу. Число  $C_4$ - видов (в ряду: барханные пески-закрепленные пески-такыровидные почвы-солончаки) возрастает с 16,5% до 70%. В этом же ряду отмечается ухудшение почвенных условий – возрастает водный дефицит, ухудшаются агрофизические свойства почвы, возрастает содержание солей [218].

Толщина паренхимы различается в зависимости от принадлежности к определенному виду. Так, толщина паренхимного слоя у представителей саксаула черного выше и составляет 99,69–143,98 мкм, чем у саксаула белого – 79,56–80,52 мкм (таблица 23). Вероятно, это связано с произрастанием *H. aphyllum* в более благоприятных условиях с близким залеганием уровня грунтовых вод, вследствие более доступной влаги водозапасающая ткань побегов имеет большее развитие.

Таблица 23 – Особенности анатомического строения побегов представителей семейства *Chenopodiaceae*

Вид	Образец, участок	Толщина эпидермиса, мкм	Кол-во слоев эпидермиса	Толщина хлоренхимы, мкм	Кристаллы в хлоренхиме	Толщина обкладки, мкм	Толщина паренхимы, мкм
<i>Haloxylon persicum</i>	1	12,79±2,066	3	25,405±3,48	10,31±1,155	7,061±1,498	79,563±5,499
	2	13,627±3,05	3	28,038±5,02	12,735±1,74	8,97±1,218	80,527±6,043
<i>Haloxylon aphyllum</i>	3	7,675±1,697	1	23,628±2,596	15,309±1,288	8,61±1,288	99,698±1,354
	4	10,53±1,403	1	17,609±3,571	10,454±0,976	8,088±1,073	143,985±8,51

Также, более высокая встречаемость кристаллов в анатомической структуре побегов черного саксаула определяется его произрастанием в более засоленных условиях, чем белый саксаул. Выдерживает минерализацию грунтовых вод до 40 г/л и по типу аккумуляции зольных веществ относится к группе щелочных натриевых растений [219].

По мнению И.П. Петрова [220], экологические различия белого и черного саксаулов обусловлены эдафическими факторами. Поэтому особенность их размещения по территории – следствие эдафических различий условий местообитаний, а не проявление зонального географизма.

Л.Я. Курочкина [13, с. 273] рассматривает формации бело- и черносаксаульников как «эколого-фитоценотические варианты» (псаммофитный, галомезоксерофитный и петрофитный), замещающие друг друга в разных экологических условиях, и поэтому объединяет их в один тип растительности.

Исключительная приуроченность белосаксаульников к песчаному незасоленному субстрату позволяет рассматривать *Haloxylon persicum* как генетическое производное *H. aphyllum*, его экологически узко специализированная слепая ветвь, отличительные черты которой закреплены в физиологических и анатомических признаках. Белый саксаул – обладатель 3-х слойного эпидермиса, глубоко погруженных устьиц и повышенного осмотического давления, поэтому этот вид более засухоустойчив, чем *H. aphyllum*. Этим определяется более широкое распространение белого саксаула в песчаных массивах.

Последовательная идентификация функциональных и структурных признаков растений позволяет прогнозировать климатический ареал обитания и потенциальные экологические возможности. Данный подход может быть использован как при прогнозировании изменения растительности в меняющемся климате, так и для создания высокоэффективных агрофитоценозов в различных природно-климатических районах [221].

Таким образом, выявленные особенности адаптационных механизмов саксаула белого и саксаула черного ставят данные виды на различные ниши. Саксаул белый, произрастая в более неблагоприятных условиях, имеет усложненное строение эпидермиса, кристаллы соли в водозапасающих клетках, корневая система достигает в длину 10–11 м. Вследствие адаптации к повышенной засухе, саксаул белый выполняет важную экологическую функцию, препятствуя опустыниванию. Однако никакой хозяйственной ценности данная порода не имеет. Саксаул черный, который также приспособлен к произрастанию в экстремальных условиях, представляет большую экономическую и хозяйственную ценность. Но, тем не менее, данный вид обладает не такой широкой приспособительной активностью и требует определенных условий для распространения. В связи с этим обстоятельством, необходимы дальнейшие исследования, направленные на изучение полиморфизма саксаула черного в различных условиях местообитания [217, с. 1970].

Выявленные экотипы древесных эдификаторов и доминантов пустынных сообществ формируют различные ценопопуляции, которые находятся в определенных взаимоотношениях со средой обитания. В свою очередь совокупность ценопопуляций составляет структуру растительного сообщества. В связи с этим проведены геоботанические исследования, направленные на изучение популяций черносаксаульников в современной и древней дельте реки Иле.

Для изучения динамики лесной растительности, как правило, проводится анализ структуры и состава популяций, густоты, восстановления, видового разнообразия [222, 223, 224].

Исследование возрастной структуры, возобновления может дать понимание процессов, определяющих структуру популяций с течением времени и может стать показателем экологических изменений [225].

Изучение закономерностей распределения деревьев в сообществе необходимо для исследования динамики растительности. При исследовании

длительно живущих растений можно наблюдать динамику популяций, а также изменения окружающей среды [226].

Для оценки динамики древесных форм растений Brubaker, [222, с. 427], Svensson and Jeglum [227], Wangda and Ohsawa [228], используют возрастную структуру, структуру и восстановление популяций. Также требуются данные о закономерностях расположения конкретного дерева, которые могут быть получены путем анализа возрастной и пространственной структуры. Эти параметры применимы для изучения влияния различных факторов окружающей среды на динамику популяции, а также могут быть использованы как индикатор изменения растительных условий [229, 230].

Недостаточная устойчивость пустынных экосистем обуславливает необходимость систематического наблюдения за их состоянием, получение информации по динамике и изменениям пустынной растительности [231]. Выявление закономерностей изменения возрастной структуры поможет определить процессы восстановления и управление лесными экосистемами [232].

#### **4.2 Структура фитоценозов черносаксауловых лесов**

Структура растительного сообщества (фитоценоза) представляет собой особенности распределения составляющих его компонентов в пространстве, занятом сообществом. Структура растительного сообщества зависит от характера местообитания и определяется флористическим составом, набором экоморф, фактором конкуренции и др.

В нашем исследовании в качестве структурных компонентов сообщества рассматривается закономерности распределения деревьев в ярусе по диаметру корневой шейки, возрастному спектру, флористический состав выделенных ассоциаций, а также пространственное размещение особей.

Различные изменения в саксауловых лесах проявляются в изменении их структуры, состава и густоты из-за неконтролируемой вырубке, ломки саксаула, корчевании кустарников, выпаса скота, а также естественных факторов. Ответная реакция популяции к данным нарушениям варьируется от типа, размера, степени тяжести и частоты возмущений [233, 234].

При анализе литературных источников, нами не было найдено геоботанических исследований, касающихся изменения возрастной структуры популяций *Haloxylon aphyllum* под воздействием антропогенных факторов. В связи с чем, были использованы результаты исследования структуры других видов растений.

Структурная динамика древостоев изучалась нами по данным 8 трансект, заложенных в различных лесорастительных условиях Иле-Балхашского региона (таблица 24). Выбор данных трансект был обусловлен возрастом древостоя, различными условиями произрастания, уровнем антропогенного влияния.

Таблица 24 – Характеристика таксационных показателей двух популяций саксаула черного

Трансекта	Возраст (лет)	Высота (м)			Диаметр корневой шейки (см)			Диаметр кроны (м)		
		max	min	ср.± станд. откл.	max	min	ср.± станд. откл.	max	min	ср.± станд. откл.
Участок 1- Современная дельта реки Иле										
I (2-1)	10-12	2,2	0,7	1,6±0,4	15	2	7,5±3,2	2,2	0,5	1,4±0,4
II (2-2)	15-18	3,6	1,2	2,51±0,55	23,8	4,5	11,41±4,89	3,9	0,9	2,34±0,76
III(2-3)	18-20	4,5	2	3,41±0,72	28	7,9	15,85±5,16	5	2	3,16±0,72
IV(2-4)	15-18	5,5	2,1	3,03±0,64	28,2	6,4	13,3±5,19	5,1	1,9	2,97±0,72
Участок 2 – Древняя дельта реки Иле										
V(3-1)	15	2,9	1,3	2,3±0,411	14	7	9,95±2,29	3,8	1,2	2,25±0,54
VI(3-3)	10-15	2,1	1,7	1,9±0,182	10	8	9,25±0,957	2	1,5	1,7±0,206
VII(3-4)	25	6,2	2,5	3,6±0,944	30	14	19,12±4,997	4,5	2,5	3,2±0,541
VIII (3-7)	23	5,4	1,7	2,94±0,782	60	5	12,9±8,983	6,5	1,1	2,56±0,992

Выбор трансект для анализа флористического состава и пространственного размещения растений определялся качеством универсальности, представленные ассоциации были широко распространены на территории исследования.

Возрастной состав популяций варьируется в зависимости от участков. Анализ возрастной структуры показал, что деревья, произрастающие в современной дельте реки Иле значительно моложе, чем на древней дельте (ANOVA,  $P \leq 0,05$ ). Участок современной дельты представлен возрастным диапазоном от 10 до 20 лет, древней дельты – 10–25 лет. Наименьший возраст деревьев представлен на трансекте I, он составляет 10-12 лет. Возраст деревьев на трансекте VII составил 25 лет, это были самые старовозрастные деревья на исследуемых участках.

Несмотря на то, что возраст популяций на современной дельте реки Иле в среднем меньше на 5 лет, средняя высота на двух исследуемых участках имеет незначительные различия (ANOVA,  $P \leq 0,05$ ). Однако, максимальные высоты 5,4 м и 6,2 м на трансектах VIII и VII, соответственно, превышают таковые на участке современной дельты. Такая же закономерность наблюдается в диаметре корневой шейки и кроны. На участке 1 максимальный диаметр корневой шейки достигает 23,8 см, на участке 2 – 60 см. Максимальные значения диаметра кроны на двух участках не имеют такой большой разницы и составляют 5,1 м на участке 1 и 6,5 м на участке 2.

Уровень грунтовых вод на участке современной дельты реки Иле имеет глубину до 5 м, тогда как, на участке древней дельты глубина залегания грунтовых вод ниже 5 м. Густота популяций варьируется от 780 шт/га до 2000 шт/га на трансектах I и VIII, соответственно. Густота и абсолютная полнота стволов древостоев саксаула черного на участке древней дельты значительно превышает древостои на современной дельте (ANOVA,  $P \leq 0,05$ ). Однако сумма площадей поперечного сечения на трансектах III и VII практически одинакова, при различном возрасте и уровне грунтовых вод.

Таблица 25 – Основные характеристики черносаксауловых фитоценозов на двух участках дельты реки Иле

Трансект а	УГВ (м)	Густота (шт/га)	Абсолют. полнота [ $m^2/га$ ]	Антропогенное воздействие	Расстояние до населенного пункта
Участок 1- Современная дельта реки Иле					
I	4,6	780	5,006	Защитные полосы вдоль асфальтированных автодорог	10 км
II	4,3	1055	13,018	Вырубка, пастбища, свалки, кострища, валежник	В пределах населенного пункта
III	5	1242	27,029	Пастбища, вырубка, грунтовые дороги	1,5 км
IV	4,5	975	15,551	Семенные саксаульники, охраняемые работниками управления	7 км
Участок 2 – Древняя дельта реки Иле					
V	6	891	7,269	Участок вблизи колодца	40 км
VI	7,9	1050	6,172	Наиболее типичный участок саксауловых лесов	60 км
VII	6,3	911	27,905	Участок в понижении рельефа	65 км
VIII	5,5	2000	38,54	Участок, труднодоступный для техники, оставшийся после рубки 1997 г.	55 км

Все исследуемые участки были подвержены антропогенному влиянию. В 90-е годы XX века на исследуемой территории проводились сплошные рубки саксаула. На месте рубок высаживались новые саксаульники или проводились меры содействия возобновлению. Таким образом, были выделены 2 участка по степени антропогенного влияния на саксауловые леса (таблица 25). Трансекты современной дельты были расположены в непосредственной близости от населенных пунктов (до 7 км). На данных участках наблюдались незаконные вырубки, пастбища, проселочные и асфальтированные дороги, а также свалки и кострища. На трансекте IV, наиболее удаленной от населенного пункта, была отмечена небольшая антропогенная нарушенность, т.к. данный участок охранялся работниками Каройского лесхоза. Деревья данной трансекты использовались для сбора семян для дальнейшей посадки саксаула.

Трансекты древней дельты реки Иле были на значительном расстоянии от населенного пункта (от 40 до 65 км). Данный участок также был подвержен вырубкам, однако они были регламентированы Управлением лесного хозяйства. Трансекты V и VI представляют собой наиболее типичные популяции саксаула на равнинных участках древней дельты и занимают большую территорию. Трансекта VIII представляет собой участок, который был не доступен при рубке 1997 года, т.к. оборудование для сплошной рубки саксаула не предназначено для возвышенности. Таким образом, на данном участке сохранилась наиболее естественная структура леса.

Для изучения структуры сообщества по диаметру корневой шейки было выделено 6 классов диаметра по 5 см в каждом. Все деревья были распределены по данным классам. Наименьший диаметр <5 см представлен на участке современной дельты в двух трансектах (I – 32,5 %, II – 2,5 %), в то время как на участке древней дельты VIII трансекта – 5%. Начиная с класса диаметра 6-10 см, на обоих участках начинается уменьшение количества деревьев в ценопопуляциях от класса к классу. Только трансекта III демонстрирует небольшое количество деревьев в данном классе – 15%, в то время как в других трансектах количество особей составляет 50–80 %. Картина распределения показала, что количество крупных деревьев диаметром от 16-20 см постепенно уменьшается. Наиболее крупные особи наблюдались на трансектах III, IV, VI, VII.

При проведении анализа растительного покрова было выявлено, что на территории современной и древней дельт реки Иле наибольшее распространение получили ассоциации *Artemisia terrae-albae*- *Haloxylon aphyllum* ass., *Salsola richteri*-*Haloxylon aphyllum* ass., произрастающие в пределах Баканасской волнистой равнины. Растительная ассоциация *Halimodendron halodendron* - *Haloxylon aphyllum* ass. произрастает на сероземных почвах легкого гранулометрического состава, в то время как растительное сообщество *Salsola kurbanovii*- *Haloxylon aphyllum* ass. приурочено к такырово-сероземным почвам.

#### 4.2.1 Структура популяций черносаксаульников современной дельты реки Иле

Популяции современной дельты реки Иле были представлены черносаксаульниками различной густоты, произрастающих в различных почвенных, гидрогеологических условиях. Так, среди популяций можно выделить черносаксаульники, приуроченные к протокам реки Иле (Топар, Нарын), с близким уровнем залегания грунтовых вод.

Проведя анализ структуры фитоценозов черносаксаульников путем распределения деревьев по различным классам диаметра, получены следующие результаты. Популяции современной дельты реки Иле в основном были представлены классом диаметра корневой шейки от 6 до 10 см (рисунок 25). Три трансекты из четырех имеют в этом классе диаметра максимум особей. Нахождение максимального количества особей в данном классе свидетельствует о развитии популяций на исследуемой территории.

Картину начального развития популяции можно проследить на трансекте I, территория которой относится к защитным лесополосам вдоль асфальтированных дорог (рисунок 26). Данная трансекта была заложена близ протока Топар, на данной территории саксаульные леса начинают занимать большие площади по мере продвижения от озера Балхаш на юго-восток.



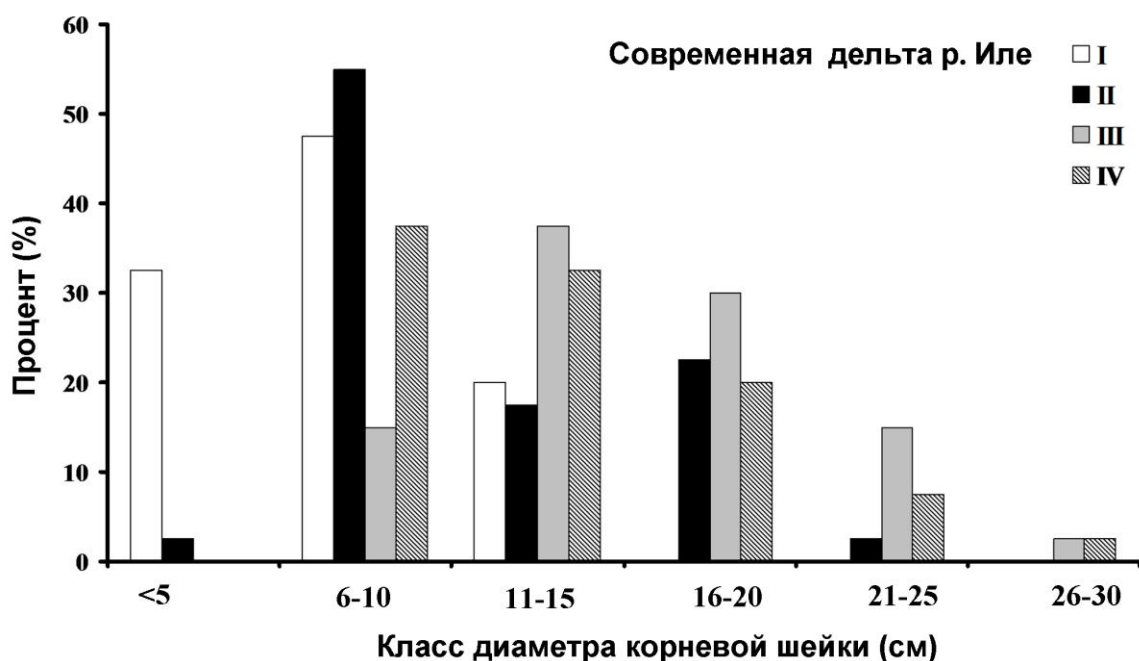


Рисунок 25 – Распределение деревьев по классам диаметра корневой шейки в ценопопуляциях черносаксаульников современной дельты реки Иле

В прошлом участок также подвергался сплошной вырубке, о чем говорит равномерное распределение деревьев только по трем классам диаметра. Можно говорить об ограниченном влиянии человеческой деятельности на данный участок и более благоприятных условиях произрастания, т.к. территория находится в межрядовом понижении. Во время осадков, а также при весенних паводках на участке создаются условия для успешного восстановления и произрастания. Особи возобновления составляют 32,5 %.



Рисунок 26 – Популяция черносаксаульников (защитные леса вдоль асфальтированной дороги)

Трансекта II относится к наиболее антропогенно нарушенным участкам, на которых проводятся несанкционированные вырубki деревьев, выпас скота и другие возмущения (рисунок 27).



Рисунок 27 – Антропогенные нарушения популяций саксаула черного на II трансекте

Данная ценотическая структура по толщине ствола есть не только продукт конкурентных взаимоотношений и влияния извне, но и результат эндогенетического разнообразия популяции [94, с. 132]. Это доказывает наличие деревьев практически во всех классах диаметра, но расположены они случайно. Возможно, при ограничении человеческого вмешательства в экосистему произойдет восстановление, т.к. в популяции имеются особи подроста.

Трансекты III, IV располагались в относительном отдалении от населенного пункта. Так как возраст деревьев на данном участке выше, мы наблюдаем наличие ценопопуляций в последнем классе диаметра (26–30 см). Наибольшее количество особей принадлежит к классу диаметром 6–10 см, а далее происходит уменьшение особей из класса в класс. Такой тип структуры популяции соответствует неоднородному типу, когда деревья переходят в среднюю по толщине ценотическую группу без присоединения новых элементов в форме тонкомера. В связи с отсутствием особей в первом классе диаметра необходимо ограничение выпаса скота на данной территории.

Расположение деревьев по классам диаметра на трансекте III показано на рисунке 28. Эта трансекта расположена на охраняемой территории и представлена особями с преобладающим диаметром корневой шейки 11–20 см. По Василенко Н.А. [94, с. 102], эта искусственная система не имеет устойчивого характера и со временем меняет свою эколого-ценотическую структуру на оптимальную в данных условиях.



Рисунок 28 – Участок произрастания популяций семенных деревьев черного саксаула

Участок, на котором произрастала популяция трансекты IV, был также подвержен антропогенному влиянию. На участке наблюдалось воздействие сельскохозяйственных (пастбища), животноводческих (скотопогоны) и лесохозяйственных (ломка и вырубка саксаула черного) факторов.

Деревья расположены в классах диаметра от 6 до 30 см. Наибольшее количество деревьев в классе диаметра 6–10 см говорит о том, что фитоценоз проходит стадию восстановления после сплошной рубки без присоединения тонкомера (класс диаметра до 5 см). Однако на данном участке отмечается возобновление и при ограничении воздействия экзогенных факторов, в частности выпаса скота, можно прогнозировать формирование устойчивого фитоценоза.

Таким образом, в связи с тем, что все популяции черносаксаульников на современной дельте реки Иле подвержены антропогенному влиянию состояние структуры данных фитоценозов находятся на стадии формирования.

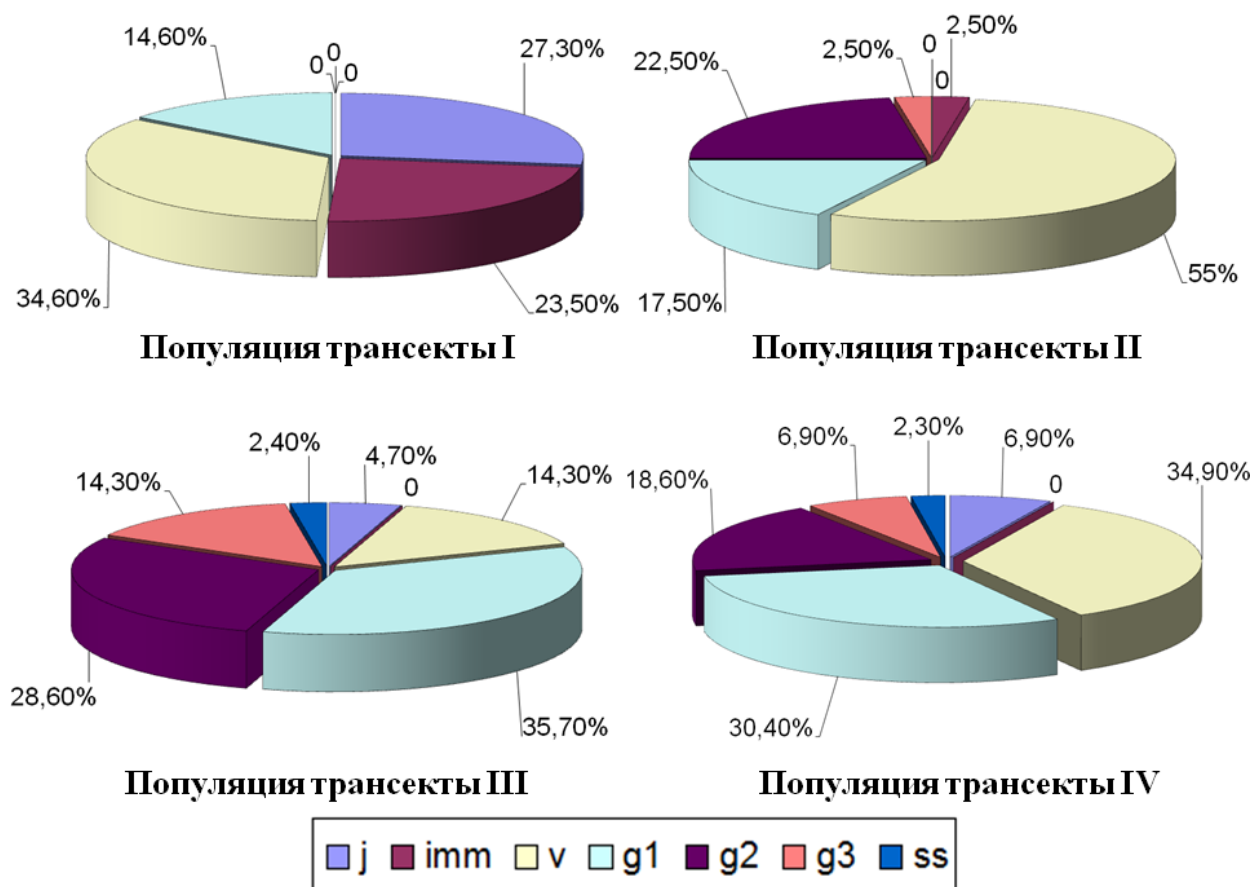
После сплошных рубок фитоценоз молодых лесов (10–12 лет) имеет гомогенную структуру. Высокое возобновление благодаря благоприятным условиям обеспечивает постоянное поступление новых элементов в популяцию.

Средневозрастные черносаксауловые фитоценозы начинают формировать структуру, однако несанкционированные вырубки и выпас скота приводит структуру сообщества в состояние хаоса, где ценопопуляции различного размера корневой шейки расположены неравномерно.

На удаленных от населенных пунктов участках особи черного саксаула представлены практически во всех классах диаметра, однако отмечено малое количество всходов и самосева, что не может обеспечить дальнейшее усложнение структуры фитоценоза без ограничения антропогенного воздействия.

### *Возрастная структура фитоценозов черносаксауловых ценопопуляций.*

С целью определения взаимоотношений между возрастными группами ценопопуляции черного саксаула был проведен анализ возрастной структуры фитоценоза. На рисунке 29 представлен возрастной состав популяции черного саксаула в различных условиях произрастания.



j – ювенильные растения; imm – имматурные; v – виргинильные; g1 – молодые генеративные особи; g2 – зрелые генеративные; g3 – старые генеративные; ss – субсенильные

Рисунок 29 – Характеристика онтогенетического спектра популяции черносаксаульников современной дельты реки Иле

Возрастной спектр популяций современной дельты реки Иле отражает силу воздействия окружающей среды, и формируется на основе биологических особенностей вида.

Так, популяция трансекты I содержит в себе всего четыре возрастные группы. Особи представлены в основном в прегенеративном состоянии (34 % - виргинильные, 27 % - ювенильные, 23 % - имматурные), молодые генеративные растения составляют всего 14 %. Таким образом, возрастную структуру данной ценопопуляции можно отнести к инвазионному типу. Оптимальная численность особей, благоприятные почвенно-гидрологические условия обеспечивают вероятные перспективы развития данной инвазионной популяции до нормального состояния.



Популяция трансекты II представлена возрастной группой виргинильных особей, которые составили 55 %. Группа молодых генеративных особей имеет 22,5 %, однако отсутствуют ювенильные особи. Отсутствие онтогенетических групп, а также неравномерный переход особей из одной возрастной группы в другую свидетельствует об антропогенном влиянии. Таким образом, данная ценопопуляция находится в неустойчивом состоянии.

Популяция трансекты III содержит в себе весь возрастной спектр, так как содержит в себе почти все группы кроме имматурной. Мы отнесли данную ценопопуляцию к нормальным неполночленным. Данная популяция независима и способно к самоподдержанию семенным путем, так как наибольшее число особей находятся в молодом генеративном состоянии (35,7 %), также большое число особей имеет группа зрелых генеративных растений (28,6 %). Таким образом, данную ценопопуляцию черносаксаульников можно отнести к молодым нормальным ценопопуляциям, находящимся в устойчивом состоянии.

Популяция трансекты IV также относится к нормальным неполночленным ценопопуляциям, так как в ней отсутствуют особи имматурного возраста, преобладает виргинильная группа (34,9 %) и молодая генеративная (30,4 %). Относительная устойчивость данной ценопопуляции обеспечивается поступлением новых особей из числа ювенильного возраста, которые составляют 6,9 %.

В целом, для популяций современной дельты реки Иле характерно преобладающее число виргинильных и молодых генеративных особей, ювенильные особи отмечены в ценопопуляциях с наименьшим антропогенным влиянием. Ценопопуляции современной дельты характеризуются инвазионным и нормальным неполночленным состоянием.

Таким образом, возрастной спектр отражает воздействие абиотических и биотических факторов. Выявлено, что антропогенное воздействие имеет ограничивающее значение для роста и выживаемости популяций. Особенно нерегулируемый выпас скота отрицательно влияет на возобновление популяции. При проведении несанкционированных рубок в ценопопуляции происходит фрагментирование возрастного спектра, некоторые возрастные группы выпадают, что приводит к упрощению структуры.

Поводя итог вышесказанному, следует отметить, что структура древесного яруса черносаксауловых фитоценозов наиболее чувствительна к влиянию различной антропогенной деятельности. Происходит формирование древостоя после рубок, и мы можем наблюдать его различные стадии. Для более полного понимания влияния антропогенной деятельности и естественных факторов на сообщества был проведен анализ флористического состава некоторых ассоциаций, произрастающих в современной дельте реки Иле.

#### 4.2.2 Флористический состав и пространственная структура ассоциаций современной дельты реки Иле

С целью определения уровня устойчивости фитоценоза, представленного на трансекте II, был проведен анализ флористического состава и

пространственного размещения особей. По доле доминантов в сообществе была выделена ассоциация.

*Флористический состав ассоциации Halimodendron halodendron – Haloxylon aphyllum ass.*

Для сообществ, произрастающих в современной дельте реки Иле характерна ассоциация *Halimodendron halodendron – Haloxylon aphyllum ass.*, в которой помимо саксаула черного преобладает кустарник *Halimodendron halodendron*, полукустарник *Krascheninnkovia ceratoides*, травы *Atriplex tatarica*, *Chorispора tenella*, *Koelpinia linearis* (таблица 26). Ассоциация *Halimodendron halodendron – Haloxylon aphyllum ass.* была исследована на участке Карой, на трансекте II (2-1).

Таблица 26 – Жизненная форма, обилие (по шкале Друде) видов *Halimodendron halodendron - Haloxylon aphyllum ass.* современной дельты реки Или

Семейство	Вид	Жизненная форма	Обилие
1	2	3	4
<i>Asteraceae</i>	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	Травы	Solitariae
	<i>Amberboa turanica</i> Iljin	Травы	Solitariae
	<i>Koelpinia linearis</i> Pall.	Травы	Sparsae
	<i>Matricaria subglobosa</i> (Krasch.) Pobed.	Травы	Solitariae
	<i>Schischkinia albispina</i> (Bunge) Iljin	Травы	Solitariae
<i>Boraginaceae</i>	<i>Lappula heteracantha</i> (Ledeb.) Borbas	Травы	Solitariae
	<i>Nonea picta</i> (M. Bieb.) Fisch. & C.A. Mey.	Травы	Solitariae
<i>Brassicaceae</i>	<i>Alyssum dasycarpum</i> Stephan ex Willd.	Травы	Solitariae
	<i>Chorispора tenella</i> (Pall.) DC.	Травы	Sparsae
	<i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb ex Prantl	Травы	Solitariae
	<i>Lepidium deserti</i> Pavl.	Травы	Solitariae
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Atriplex tatarica</i> L.	Травы	Solitariae
	<i>Krascheninnkovia ceratoides</i> (L.)	Полукустарники	Sparsae
	<i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw.	Дервья	Copiosal 3
	<i>Petrosimonia sibirica</i> (Pall.) Bunge	Травы	Solitariae
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus filicaulis</i> Fisch. & C.A.Mey. ex Kar. & Kir.	Травы	Solitariae
	<i>Halimodendron halodendron</i> (Pall.) Voss.	Кустарники	Copiosal 2
	<i>Trigonella arcuata</i> C.A. Mey.	Травы	Solitariae
<i>Poaceae</i>	<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski	Травы	Solitariae
	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach	Травы	Solitariae

Продолжение таблицы 26

1	2	3	4
<i>Rubiaceae</i>	<i>Microphysa elongata</i> (Schrenk) Pobed.)	Травы	Solitariae
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Dodartia orientalis</i> L.	Травы	Solitariae
<i>Solanaceae</i>	<i>Hyoscyamus pusillus</i> L.	Травы	Solitariae
<i>Zygophyllaceae</i>	<i>Peganum harmala</i> L.	Травы	Solitariae
	<i>Zygophyllum brachypterum</i> Kar. & Kir.	Травы	Solitariae
	<i>Zygophyllum lehmannianum</i> Bunge	Травы	Solitariae

В целом, данный фитоценоз состоит из 26 видов, относящихся к 10 семействам. Преобладающие семейства: *Asteraceae*, к которым относится 5 видов растений, *Brassicaceae* и *Chenopodiaceae* по 4 вида. Преобладающие жизненные формы: травы, находящиеся в отцветшем или засушенном состоянии. Эта единственная ассоциация из четырех исследованных, в которой зарегистрированы семейства *Rubiaceae* (*Microphysa elongata* Schrenk), *Scrophulariaceae* (*Dodartia orientalis* L.) и *Zygophyllaceae*, которое представлено непоедаемыми и ядовитыми растениями (*Peganum harmala* L., *Zygophyllum brachypterum* Kar. & Kir., *Zygophyllum lehmannianum* Bunge).

Во флористическом составе ассоциации чингиловых черносаксаульников зарегистрировано большое количество кормовых трав: *Alyssum dasycarpum* Stephan ex Willd., *Chorispora tenella* (Pall.) DC., *Lepidium deserti* L., *Astragalus filicaulis* Fisch., *Trigonella arcuata* C.A. Mey. и другие. Встречаются также лекарственные и декоративные растения: *Atriplex tatarica* L., *Astragalus filicaulis* Fisch., *Halimodendron halodendron* Voss., *Dodartia orientalis* L., *Peganum harmala* L. Сорные растения также представлены в ассоциации: *Acroptilon repens* (L.), *Nonea picta* M. Bieb., *Schischkinia albispina* (Bunge) Пjin и другие.

*Пространственное размещение особей в ассоциации Halimodendron halodendron - Haloxylon aphyllum ass.*

Данное сообщество характеризуется достаточно сложной структурой. В данной ассоциации мы выделили 4 яруса растительности. Основными эдификаторами являются саксаул черный и чингил серебристый. На ненарушенных рубкой территориях густота сложения первых двух ярусов высокая. Основной принцип размещения чингиля – под пологом древесного яруса саксаула. Размещение полукустарничкового яруса более равномерное, хотя наблюдается более высокое скопление растений и на разреженных участках. В четвертом ярусе мы наблюдали сухие эфемеры и некоторые длительно вегетирующие травы. Травянистые растения размещены неравномерно, редко. Размещение практически не зависит от особенностей рельефа, только от густоты размещения первых двух ярусов. На участках, которые были подвержены вырубкам саксаула черного, наблюдалось отсутствие второго и третьего ярусов, вследствие загрязнения участка валежником саксаула ограничено произрастание растительности.

С целью выявления изменений на уровне флористического состава и пространственного размещения особей в фитоценозе трансекты IV была проведена его оценка.

*Флористический состав ассоциации Salsola kurbanovii – Haloxylon aphyllum ass.*

Ассоциация сочносолянковых черносаксаульников встречается на солонцеватых почвах. Данный фитоценоз отличается небольшим количеством видов – 17, семейств – 4 (таблица 27). Данная ассоциация отличается отсутствием семейств *Boraginaceae*, *Fabaceae*, которые широко представлены в остальных исследованных ассоциациях. Род *Salsola* представлен тремя различными видами. Имеются виды, которые встречались только в ассоциации сочносолянковых черносаксаульников: *Tauscheria lasiocarpa* Fisch. Ex DC., *Meniocus linifolius* (Stephan) DC., *Isatis emarginata* Kar. & Kir., *Londesia eriantha* Fisch. & C.A. Mey.

Таблица 27 – Жизненная форма, обилие (по шкале Друде) видов ассоциации *Salsola kurbanovii*- *Haloxylon aphyllum* ass. древней дельты реки Иле

Семейство	Вид	Жизненная форма	Обилие
<i>Asteraceae</i>	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.	Полукустарнички	Sparsae
	<i>Amberboa turanica</i> Iljin	Травы	Solitariae
	<i>Matricaria subglobosa</i> (Krasch.) Pobed.	Травы	Solitariae
<i>Brassicaceae</i>	<i>Tauscheria lasiocarpa</i> Fisch. Ex DC.	Травы	Solitariae
	<i>Alyssum dasycarpum</i> Stapf	Травы	Solitariae
	<i>Lepidium perfoliatum</i> L.	Травы	Sparsae
	<i>Meniocus linifolius</i> (Stephan) DC.	Травы	Solitariae
	<i>Isatis emarginata</i> Kar. & Kir.	Травы	Solitariae
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw.	Деревья	Copiosae 3
	<i>Salsola richteri</i> (Moq) Kar. ex Litv.	Полукустарнички	Sparsae
	<i>Salsola kurbanovii</i> Botsch.	Травы	Copiosae
	<i>Salsola nitraria</i> Pall.	Травы	Solitariae
	<i>Kochia iranica</i> Litv. Ex Bornm.	Травы	Solitariae
	<i>Atriplex tatarica</i> L.	Травы	Sparsae
	<i>Londesia eriantha</i> Fisch. & C.A. Mey.	Травы	Solitariae
<i>Poaceae</i>	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach	Травы	Solitariae
	<i>Schismus arabicus</i> Nees	Травы	Solitariae

Сочносолянковые черносаксаульники, Курочкина Л.Я. [13] относит к группе травянистых черносаксаульников приуроченных к засоленным почвам. В ходе наших исследований зарегистрирован вид эндемик - *Matricaria subglobosa* (Krasch.) Pobed. Во флористическом составе ассоциации сочносолянковых черносаксаульников зарегистрированы кормовые травы: *Lepidium perfoliatum* L., *Atriplex tatarica* L., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach и другие.



Встречаются также лекарственные и декоративные растения: *Amberboa turanica* Пјин, *Matricaria subglobosa* Krasch. Индикаторные виды (антропогенные) представлены в ассоциации: *Alyssum dasycarpum* Stapf, *Meniocus linifolius* (Stephan) DC.

На территории Иле-Балхашского региона также зарегистрированы виды-эндемики и редкие виды. Согласно литературными данным, в современной дельте реки Иле встречаются *Silene balchaschensis* Schischk., *Frankenia mironovii* Botsch., *Astragalus amabilis* M. Pop., *Zygophyllum subtrijugum* C. A. Mey., *Zygophyllum fabagoides* M. Pop., *Prangos arenaria* (Schischk.) M. Pimen. Et. V. Tichomirov, *Artemisia succulenta* Lebeb., *Tulipa behmiana* Regel. и другие.

К реликтовым, исчезающим видам с сокращающимся ареалом и усиленно эксплуатируемым относятся: *Ikonnikovia kaufmanniana* (Regel) Linz., *Glycyrrhiza glabra* L., *Ferula iliensis* Fransn. и другие [175].

*Пространственное размещение особей в ассоциации Salsola kurbanovii - Haloxylon aphyllum ass.*

Густота сложения растений в первом ярусе составляет 975 шт/га, кроны саксаула на некоторых участках смыкаются, образуя сплошной полог.

Второй ярус занимает полукустарничек *Salsola kurbanovii* и другие представители рода *Salsola*. Структура второго яруса, представленного солянками, зависит от мозаичности почвенной структуры и наличия микрорельефа. Структура становится более разреженной, мозаичной, то есть, с более плотным размещением особей в понижениях рельефа, редким размещением травянистых растений на открытых участках.

Основной принцип размещения эфемеров и однолетников - размещение под пологом саксаулового яруса, как защиты от высоких температур. Таким образом, наблюдается более плотное размещение особей вокруг саксаула черного и снижение травянистых растений на более открытых участках. Под кроной саксаула широко представлены солянки, а также эфемеры (*Amberboa turanica* Пјин, *Alyssum dasycarpum* Stapf и другие).

Таким образом, флористический состав ассоциации *Halimodendron halodendron - Haloxylon aphyllum ass.* отражает воздействие антропогенных факторов. Так, широко представлены сорные, непоедаемые виды растений, был зарегистрирован эндемичный вид *Matricaria subglobosa* Krasch. На размещение особей первоочередное влияние оказывают почвенно-гидрологические условия, а также густота произрастания саксаула черного.

Флористический состав ассоциации *Salsola kurbanovii - Haloxylon aphyllum ass.*, произрастающий на данной территории недостаточно разнообразен, с небольшим покрытием. Размещение растений в основном наблюдалось под кроной саксаула, с единичными экземплярами эфемеров.

#### 4.2.3 Структура популяций черносаксаульников древней дельты реки Иле

На участке древней дельты реки Иле практически не сказывается влияние человека. Из-за дальнего расположения от населенных пунктов первостепенное воздействие на структуру имеет возраст и условия произрастания. На территории древней дельты реки Иле условия произрастания неблагоприятны,

однако на данных участках наблюдается очень хорошее возобновление. Это связано с небольшой густотой насаждений и отсутствием конкуренции и вмешательства. Так, на трансектах V и VI деревья расположены только в двух классах диаметра (рисунок 30). Это объясняется следующими причинами.

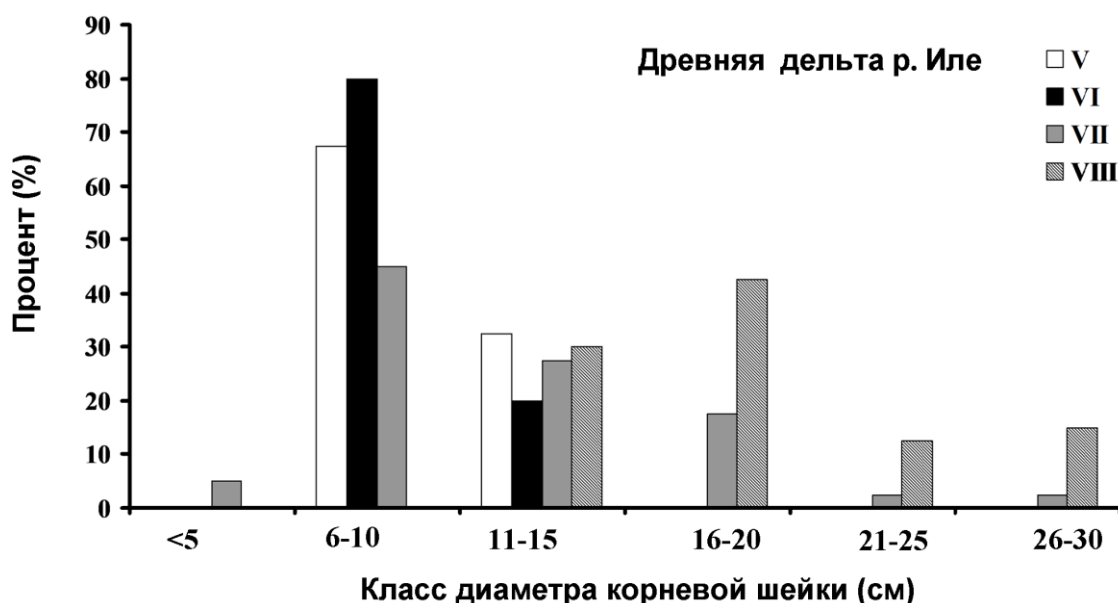


Рисунок 30 – Распределение деревьев по классам диаметра корневой шейки в ценопопуляциях черносаксаульников древней дельты реки Иле

Во-первых, возраст древостоев на данных трансектах составляет 10-12 лет, т.е. первоочередное значение при формировании структуры сообщества имеет возраст. Данную закономерность доказывают многие исследования, свидетельствующие о том, что изначально древостой однороден и по толщине ствола не дискретен [189, с. 49]. Во-вторых, это происходит из-за того, что здесь бедные почвенно-гидрологические условия, с уровнем грунтовых вод 6 м и 7,9 м, соответственно, без дополнительно увлажнения (рисунок 31).



Рисунок 31 – Популяции черносаксаульников на слабоволнистой равнине древней дельты реки Иле

Состояние структуры данных древостоев Василенко Н.А. [94, с. 18] относит к нахождению этих фитоценозов в точке бифуркации. Это и есть то состояние хаоса, в котором находятся все эти системы и подсистемы, и дальнейший путь к той или иной структуре у каждой из них индивидуален. Факторами, которые были причинами, подтолкнувшими рассмотренные нами древостой и отдельные ценопопуляции в состояние «творческого» хаоса, были неблагоприятные экологические условия и деятельность человека. Некоторые древостой могут существовать в таком положении длительное время, иногда даже постоянно на протяжении всей жизни сообщества.

Популяция саксаула черной трансекты VII представляет собой относительно зрелый древостой (рисунок 32).



Рисунок 32 – Популяции черносаксаульников межрядовых понижений древней дельты реки Иле

Наличие достаточного количества подроста и молодых деревьев в данной популяции указывает на успешное восстановление. Данная закономерность наблюдается в связи с благоприятными условиями произрастания. Участок расположен в понижении рельефа. Это единственная трансекта, в котором имеются ценопопуляции, присутствующие во всех классах диаметра. Такая структура наиболее стабильна и может быть отнесена к устойчивой лесной экосистеме. Эти примеры показывают, что в древостоях с доминированием одной древесной породы можно также наблюдать присутствие всех функциональных частей в виде разных дискретных групп деревьев по толщине. Дальнейшее поддержание и самоусложнение такого разнообразия внутренней структуры древостоев возможно из-за поступления новых элементов в виде подроста в ценопопуляции.

Саксауловый фитоценоз VIII трансекты является наиболее продуктивным (рисунок 33). Самый удаленный участок находился в 65 км от населенного пункта.



Рисунок 33 – Популяция черносаксаульников 25-летнего возраста

Здесь наблюдается очень высокая густота – 2000 шт/га. Ценопопуляции присутствуют в последних классах диаметра, абсолютно отсутствует возобновление, поэтому данный фитоценоз можно отнести к естественно разрушающемуся. Деграцию данного сообщества также обуславливают природные факторы. Так, сообщество произрастает на небольшом склоне и можно наблюдать смыв почвы и соответственно семян тальми водами. Естественную деграцию фитоценоза подтверждают другие исследования, где отмечается, что в сомкнутых насаждениях саксаула фактически отсутствует семенное возобновление, слабо развит травянистый ярус и, по сути, такой фитоценоз одноярусен [25, с. 139].

Подводя итог вышесказанному, можно отметить разнообразие вариантов структуры фитоценозов, степени трансформации растительности. Однако следует выявить определенные закономерности.

Все исследуемые участки представляют собой территории, подвергшиеся антропогенному воздействию в прошлом или настоящем. Структура сообществ по диаметру корневой шейки отражает состояние фитоценоза во времени. Так, наиболее возмущенные популяции представляют собой неравномерное распределение по классам диаметра корневой шейки. Такая структура имеет все ценоотические группы деревьев по толщине, однако в ней не может быть развития в связи с отсутствием или малым возобновлением. Наиболее типичной для исследуемой территории структурой саксаулового леса является гомогенная стадия формирования древостоя. В искусственных насаждениях



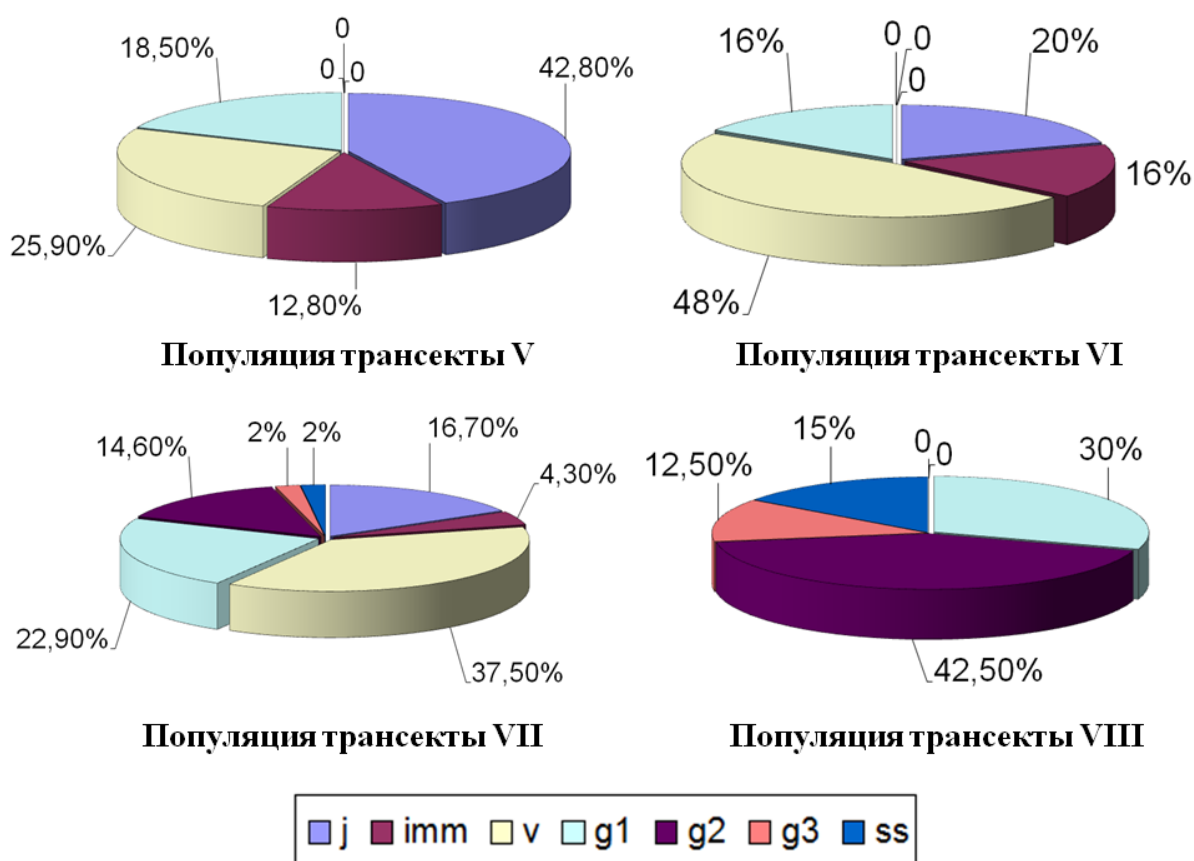
или после сплошной вырубki экосистема находится в неустойчивом состоянии и со временем приобретает оптимальную структуру. Причиной состояния «хаоса» структуры кроме антропогенных факторов имеет естественный распад древостоя, который мы можем наблюдать на одном участке, с самой высокой густотой. Деграция древостоя наступила вследствие прекращения поступления молодых особей из-за высокой густоты и конкуренции, а также гидрогеологических условий. И только на одной исследуемой трансекте фитоценоз представляет собой устойчивую систему. Популяция произрастает в благоприятных условиях, структура гетерогенна, происходит постоянное пополнение молодыми особями. По результатам исследования, наиболее продуктивная густота находится на уровне 900-1000 шт/га, которая обеспечивает благоприятные условия произрастания и возобновления [235, 236].

*Возрастная структура ценопопуляций саксаула черного.*

С целью определения взаимоотношений между возрастными группами ценопопуляции черного саксаула был проведен анализ возрастной структуры фитоценоза. На рисунке 34 представлен возрастной состав популяции черного саксаула в различных условиях произрастания.

Популяция трансекты V содержит в себе всего четыре возрастные группы. Особи представлены в основном в прегенеративном состоянии (42,8 % - ювенильные, 25,9 % - виргинильные, 12,8 % - имматурные), молодые генеративные растения составляют 18,5 %. Таким образом, возрастную структуру данной ценопопуляции можно отнести к инвазионному типу. Однако данный тип возрастной структуры отличается от таковой в популяции современной дельты реки Иле, так как неблагоприятные условия произрастания оказывают ограничивающее воздействие на рост растений. В таких условиях достаточно сложным оказывается определение возрастной группы, так как все растения низкорослые, и возможно не имеют постепенного перехода из одного онтогенетического состояния в другое. Таким образом, структура данного фитоценоза не будет усложняться со временем.

Популяции трансекты VI также находятся в молодом состоянии. Особи данной ценопопуляции представлены в группе виргинильных растений (48%), практически одинаковые части занимают ювенильные, имматурные и молодые генеративные особи и могут быть отнесены к вегетативно-полночленному спектру. Таким образом, данная ценопопуляция черного саксаула находится в инвазионном состоянии, так как в спектре в основном представлены прегенеративные особи. Такое распределение особей по возрастным группам свидетельствует о том, что популяция находится на стадии освоения ареала, в результате спонтанного размножения и в дальнейшем есть возможность перейти в нормальное состояние благодаря онтогенезу и постоянному поступлению новых особей.



j – ювенильные растения; imm – имматурные; v – виргинильные; g1 – молодые генеративные особи; g2 – зрелые генеративные; g3 – старые генеративные; ss – субсенильные.

Рисунок 34 – Характеристика онтогенетического спектра популяции черносаксаульников древней дельты реки Иле

Состояние ценопопуляции трансекты VII можно охарактеризовать как нормальное полночленное. В популяции представлены особи из всех возрастных групп. В данном черносаксауловом фитоценозе поддерживается стабильный возрастной состав благодаря наличию особей в ювенильном возрасте (16,7%), имматурных (4,3%), виргинильных особей (37,5%), а также наличию всего возрастного спектра генеративных особей (молодых, зрелых и старых генеративных). Устойчивость данного сообщества объясняется благоприятными условиями произрастания, отсутствием конкуренции между деревьями.

Ценопопуляцию трансекты номер VIII мы отнесли к регрессивному состоянию. Особи черного саксаула данной популяции находятся в постгенеративном спектре. Так, большая часть растений представлена зрелыми генеративными особями, которые занимают 42,5%, старые генеративные особи и субсенильные составляют в общем 17,5%, что свидетельствует о регрессии данного фитоценоза ввиду отсутствия особей из прегенеративной группы.

В целом, для популяций древней дельты реки Иле характерно преобладающее число ювенильных и виргинильных особей при

неблагоприятных почвенно-гидрологических условиях. При благоприятных условиях произрастания ценопопуляция черного саксаула представлена полным онтогенетическим спектром с оптимальным количеством поступления ювенильных особей. Однако в старовозрастной популяции мы наблюдаем регрессионное состояние ценопопуляции.

Таким образом, на формирование структуры фитоценоза и возрастной спектр древней дельты реки Иле первостепенное значение оказывают естественные факторы: эндогенные и экзогенные. К эндогенным факторам относится густота стояния древесного яруса, конкуренция, а также возраст популяций черного саксаула. Экзогенными факторами, оказывающими влияние на структуру сообществ, являются гидрогеологические условия, почвенный покров и микрорельеф.

#### 4.2.4 Флористический состав и пространственная структура ассоциаций древней дельты реки Иле

Для более полного понимания сформировавшейся структуры лесного сообщества, был исследован флористический состав и характер размещения особей в фитоценозе трансекты VI. Ассоциация, представленная на данном участке, относится к серополынным черносаксаульникам (*Artemisia terrae-albae* – *Haloxylon aphyllum* ass.).

*Флористический состав ассоциации Artemisia terrae-albae – Haloxylon aphyllum* ass.

В ходе анализа всех учетных площадок, было выявлено, что наиболее распространенная ассоциация в Иле-Балхашском регионе – *Artemisia terrae-albae-Haloxylon aphyllum* ass. Большое значение в данной популяции имеет полукустарничек *Artemisia terrae-albae*. На некоторых участках она практически образует фон. Также преобладает *Krascheninnkovia ceratoides*, *Salsola richteri*, среди трав *Ceratocarpus arenarius*, *Carex physodes*, *Schismus arabicus* (таблица 28).

Таблица 28 – Жизненная форма, обилие (по шкале Друде) видов *Artemisia terrae-albae-Haloxylon aphyllum* ass. древней дельты реки Иле

Семейство	Вид	Жизненная форма	Обилие
1	2	3	4
<i>Alliaceae</i>	<i>Allium sabulosum</i> Steven ex Bunge	Травы	Solitariae
<i>Asteraceae</i>	<i>Acantholepis orientalis</i> Less.	Травы	Solitariae
	<i>Amberboa turanica</i> Пjin	Травы	Solitariae
	<i>Artemisia terrae-albae</i> Krasch.	Полукустарнички	Copiosae 3
<i>Asteraceae</i>	<i>Centaurea pulchella</i> Ledeb	Травы	Solitariae
	<i>Koelpinia linearis</i> Pall.	Травы	Solitariae
	<i>Lactuca undulata</i> Ledeb.	Травы	Solitariae
<i>Boraginaceae</i>	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss&Kral.	Травы	Solitariae

Продолжение таблицы 28

1	2	3	4
<i>Boraginaceae</i>	<i>Nonea picta</i> (M. Bieb.) Fisch. & C.A. Mey.	Травы	Solitariae
<i>Brassicaceae</i>	<i>Alyssum dasycarpum</i> Stephan ex Willd.	Травы	Solitariae
	<i>Alyssum dasycarpum</i> Stapf	Травы	Solitariae
	<i>Lepidium perfoliatum</i> L.	Травы	Solitariae
	<i>Tetracte quadricornis</i> (Stephan) Bunge	Травы	Solitariae
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Silene nana</i> Kar. & Kir.	Травы	Solitariae
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Atriplex tatarica</i> L.	Травы	Solitariae
	<i>Carex physodes</i> M. Bieb.	Травы	Sparsae
	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	Травы	Copiosae 2
	<i>Krascheninnikovia ceratoides</i> (L.)	Полукустарники	Copiosae 1
	<i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw.	Деревья	Copiosae
	<i>Kirilowia eriantha</i> Bunge	Травы	Sparsae
	<i>Salsola richteri</i> (Moq) Kar. ex Litv.	Полукустарнички	Sparsae
<i>Poaceae</i>	<i>Eremopyrum orientale</i> (L.) Jaub. & Spach	Травы	Solitariae
	<i>Eremopyrum triticeum</i> (Gaertn.) Nevski	Травы	Solitariae
	<i>Schismus arabicus</i> Nees	Травы	Solitariae
<i>Ranunculaceae</i>	<i>Delphinium sergii</i> Wissjul.	Травы	Solitariae
	<i>Ceratocephala falcata</i> (L.) Pers.	Травы	Solitariae
<i>Solanaceae</i>	<i>Hyoscyamus pusillus</i> L.	Травы	Solitariae

В данном фитоценозе был зафиксирован 31 вид, относящийся к 12 семействам. Преобладающие семейства: *Chenopodiaceae* (7 видов), *Asteraceae*, представленное шестью видами. Только в данной ассоциации был зарегистрирован вид *Silene nana* Kar. & Kir., который относится к семейству гвоздичных (*Caryophyllaceae*), а также вид *Allium sabulosum* Steven ex Bunge, относящийся к семейству *Alliaceae*. Семейство *Ranunculaceae* здесь представлены 2 видами, которые нигде более отмечены не были. Индикаторами антропогенного воздействия на данный фитоценоз являются следующие виды: *Lactuca undulata* Ledeb., *Alyssum dasycarpum* Stapf, *Nonea picta* (M. Bieb.) Fisch. & C.A. Mey. и т.д. Ядовитые виды: *Delphinium sergii* (Kar. & Kir.) Nevski, непоедаемые: *Silene nana* Kar. & Kir. и другие

*Пространственное размещение особей в ассоциации Artemisia terrae-albae – Haloxylon aphyllum ass.*

Сообщество серополынных черносаксаульников произрастает на среднекарбонатных сероземах, представленных однородными супесями на



слегка волнистой равнине. Эдификатором ассоциации является саксаул черный, во втором ярусе встречается полынь белоземельная и кейреук. Размещение данного сообщества наиболее равномерное. Один из принципов размещения второго яруса – приуроченность к особенностям микрорельефа. В частности, в своем большинстве травяные растения скапливаются в небольших углублениях рельефа. При достаточно высокой густоте древостоя очень обильно произрастают сопутствующие растения. Полынь белоземельная и терескен практически образуют фон. Об антропогенном влиянии свидетельствует также распространение эбелека (рогача песчаного) особенно по обочинам дорог.

Среди наиболее обильных видов можно выделить *Ceratocephala falcata* DC., *Krascheninnkovia ceratoides* (L.) C. A. Mey, *Kirilowia eriantha* Bunge.

В фитоценозе, представленной на трансекте VII была проведена оценка флористического состава и закономерности размещения растений. Фитоценоз был отнесен к кейреуковым черносаксаульникам (*Salsola richteri-Haloxylon aphyllum* ass.).

*Флористический состав ассоциации Salsola richteri - Haloxylon aphyllum* ass.

Наряду с серополынными черносаксаульниками большую площадь Иле-Балхашского региона занимают ассоциации *Salsola richteri-Haloxylon aphyllum* ass. Данная ассоциация представлена на сайте Баканас, трансекта VII (3-4). Флористический состав представлен в таблице 29. В данном фитоценозе полукустарничек *Salsola richteri* занимает второй ярус. Общее число видов кейреуковых черносаксаульников составляет 22 вида, семейств – 8.

Основные семейства, представленные большинством видов являются: *Chenopodiaceae*, включают в себя 6 видов, *Asteraceae* и *Brassicaceae* по 5 видов. Остальные семейства представлены одним-двумя видами. Виды *Plantago minuta* Pall. (*Plantaginaceae*) и *Polygonum acetosum* M. Bieb. (*Polygonaceae*) зарегистрированы только в ассоциации кейреуковых черносаксаульников.

Таблица 29 – Жизненная форма, обилие (по шкале Друде) видов ассоциации *Salsola richteri- Haloxylon aphyllum* ass. древней дельты реки Иле

Семейство	Вид	Жизненная форма	Обилие
1	2	3	4
<i>Asteraceae</i>	<i>Amberboa turanica</i> Iljin	Травы	Sparsae
	<i>Epilasia hemilasia</i> (Bunge) Clarke	Травы	Solitariae
	<i>Koelipinia linearis</i> Pall.	Травы	Sparsae
	<i>Matricaria subglobosa</i> (Krasch.) Pobed.	Травы	Solitariae
	<i>Scorzonera purpurea</i> L.	Травы	Solitariae
<i>Boraginaceae</i>	<i>Arnebia decumbens</i> (Vent.) Coss.&Kral.	Травы	Solitariae
	<i>Nonea picta</i> (M. Bieb.) Fisch. & C.A. Mey.	Травы	Solitariae
<i>Brassicaceae</i>	<i>Alyssum dasycarpum</i> Stapf	Травы	Solitariae
	<i>Isatis ornithorhynchus</i> N. Busch	Травы	Solitariae

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4
<i>Brassicaceae</i>	<i>Lepidium perfoliatum</i> L.	Травы	Sparsae
	<i>Tetracme recurvata</i> Bunge	Травы	Solitariae
	<i>Strigosella circinata</i> (Bunge) Botsch.	Травы	Sparsae
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Atriplex tatarica</i> L.	Травы	Sparsae
	<i>Ceratocarpus arenarius</i> L.	Травы	Sparsae
	<i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw.	Деревья	Copiosae 3
	<i>Kochia iranica</i> Litv. Ex Bornm.	Травы	Sparsae
	<i>Salsola paulsenii</i> Litv.		Sparsae
	<i>Salsola richteri</i> (Moq) Kar. ex Litv.	Полукустарнички	Copiosae
<i>Fabaceae</i>	<i>Astragalus filicaulis</i> Fisch. & C.A.Mey. ex Kar. & Kir. –	Травы	Solitariae
<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago minuta</i> Pall.	Травы	Solitariae
<i>Poaceae</i>	<i>Schismus arabicus</i> Nees	Травы	Solitariae
<i>Polygonaceae</i>	<i>Polygonum acetosum</i> M. Bieb.	Травы	Solitariae

Кейреуковые черносаксаульники Курочкина Л.Я. [13, с. 271] относит к группе ассоциаций полукустарничковых черносаксаульников, произрастающих на аллювиальных сероземах с преобладанием тяжелого по гранулометрическому составу покрова. В данной ассоциации зарегистрировано наименьшее число сорных видов, а также видов индикаторов.

На территории древней дельты реки Иле также широко встречаются эндемичные и редкие виды. Данные виды в основном распространены на песках, к ним относятся: *Gypsophyla krascheninnkovii* Schischk., *Calligonum crispum* Bunge, *Calligonum macrocarpum* Borszcz., *Caragana balchaschensis* (Kom.) Pojark, *Astragalus ablicans* Bong, *Lonicera iliensis* Pojark., *Artemisia scopaeformis* Ledeb., *Artemisia tomentella* Trautv., *Saussurea robusta* Ledeb. и другие [175, с. 169].

*Пространственное размещение особей в ассоциации Salsola richteri-Haloxylon aphyllum ass.*

Растительность данного сообщества размещается достаточно равномерно, однако мы наблюдали практически полное отсутствие полукустарничков и травяной растительности в местах захламления почвы высохшими ветками саксаула. Таким образом, необходимо проводить регулярную санитарную чистку саксауловых лесов. Растения в основном размещались под кронами саксаула: *Schismus arabicus* Nees, *Alyssum dasycarpum* Stapf, *Ceratocarpus arenarius* Sav.-Rycz. Ex Pjin и другие. Содоминант ассоциации *Salsola richteri* Pall. встречался частично под кронами саксаула, занимая пустые пространства в микропонижениях рельефа. Большинство видов зарегистрированы в малом обилии. Наибольшим количеством особей в популяции представлены: *Kochia*

*iranica* Litv. Ex Bornm., *Lepidium perfoliatum* L., *Strigonella circinata* (Bunge) Boiss.

На флористический состав ассоциаций, количество ярусов и на размещение видов в структуре фитоценозе древней дельты реки Иле оказывают влияние почвенно-гидрологические условия, различия мезо- и микрорельефа, а также наличие доминанта–эдификатора сообществ.

#### 4.2.5 Особенности возобновления черносаксауловых популяций Иле-Балхашского региона

В ходе анализа размещения деревьев внутри ценологических групп по диаметру корневой шейки, возрастному спектру, а также флористического состава фитоценозов было установлено, что первостепенное значение в формировании структуры фитоценоза имеют антропогенные факторы. Однако были выявлены определенные закономерности воздействия густоты насаждений на рассматриваемые показатели.

При исследовании возрастной динамики густоты древесного яруса фитоценоза, а также влияния густоты на возобновление саксаула черного в рассматриваемых сообществах получены следующие результаты.

Распределение густоты древостоя по возрасту представляет собой увеличение плотности с возрастом (рисунок 35). В классе возраста от 6–10 лет представлены особи подростка. Густота популяций участка древней дельты выше во всех группах возраста.

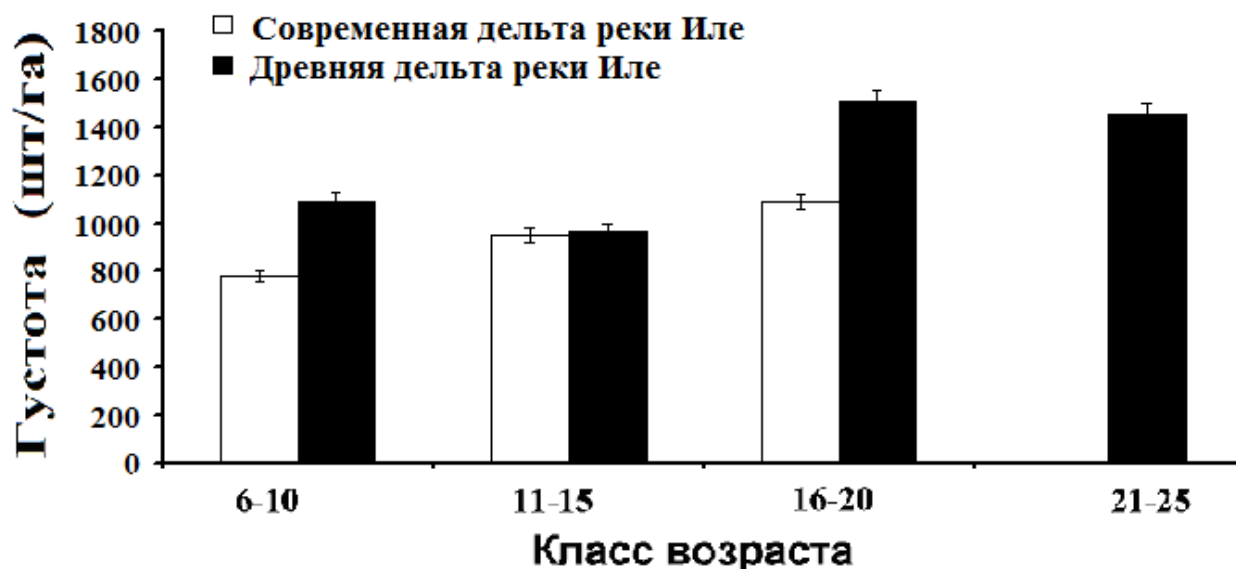


Рисунок 35 – Изменение густоты популяций *Haloxylon aphyllum* по возрастным классам

Характер размещения саксаульников, как отмечает Коровин Е.П. [10, с. 265] может быть различным и при наличии оптимальных условий саксаул растет сомкнутым насаждением. Однако в силу особенностей архитектоники кроны, наличием безлистных побегов занимает не более 50% площади.

По результатам наших исследований, густота древесного яруса черносаксаулового фитоценоза увеличивается с возрастом. Это объясняется тем, что деревья в популяции в основном произрастают порослевым способом, т.е. на месте срубленного дерева из верхушечных почек развивается новая особь. Когда дерево достигает репродуктивного возраста (5–7 лет), при благоприятных условиях начинает развиваться подрост. Таким образом, древостой с возрастом увеличивает густоту и одновременно формирует структуру по толщине диаметра. В дальнейшем при достижении максимальной густоты (в нашем исследовании 2000 шт/га), возобновления не происходит. На моделях самоизреживания саксаула Бедаревой О.М. и Хлюстова В.К. [72, с. 46], отмечается максимальная густота в возрасте 5–10 лет, в дальнейшем происходит постепенное уменьшение густоты и с 25-летнего возраста остается практически на одном уровне.

Густота древостоя формируется с возрастом в результате постоянного возобновления породы. Появление новых особей обеспечивает устойчивость фитоценоза.

На устойчивость растительного сообщества оказывает влияние наличие возобновления доминанта. В нашем исследовании выявлена зависимость густоты насаждений и количества особей из числа всходов и самосева.

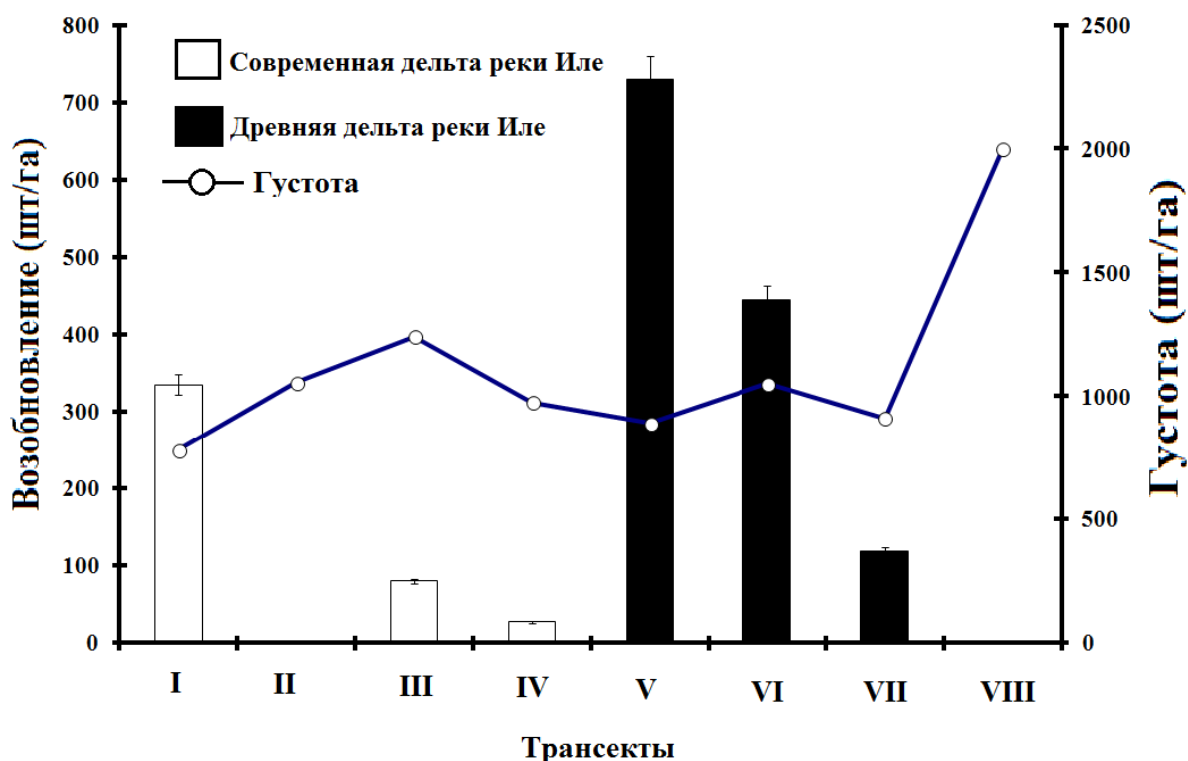


Рисунок 36 – Зависимость густоты насаждений и возобновления древостоя саксаула черного

На трансекте II, с густотой 1055 шт/га и VIII – 2000 шт/га отсутствовало возобновление (рисунок 36). Отмечено очень малое количество особей из числа

всходов на современной дельте, которое составило 27–335 шт/га. Хорошее возобновление отмечается на участке древней дельты реки Иле – 119–730 шт/га. Также выявлена зависимость количества всходов и самосева от густоты произрастания саксаула черного. При увеличении густоты насаждений уменьшается число особей возобновления.

В целом, возобновление на ненарушенных участках во многом превосходит нарушенные древостои [237]. Очень малое возобновление на участках современной дельты реки Иле наблюдается на всех трансектах вблизи населенного пункта. Особое влияние на количество особей подростка оказывает выпас скота [238, 239, 240]. Лучшее возобновление отмечается на участках с небольшой густотой [241]. На участке древней дельты реки Иле лучшее возобновление свойственно трансектам с наименее благоприятными условиями произрастания (V и VI трансекты).

Таким образом, несмотря на то, что участок современной дельты реки Иле имеет наиболее благоприятные почвенно-гидрологические условия для произрастания саксауловых лесов, в нашем исследовании мы наблюдаем, что антропогенное влияние снижает способность к успешному возобновлению лесных фитоценозов. В древней дельте реки Иле, в связи с неблагоприятными условиями произрастания, отсутствует конкуренция, что обеспечивает большое количество всходов и самосева саксаула черного.

Известно, что помимо возобновления популяций черного саксаула, на устойчивость фитоценозов оказывает влияние биоразнообразие растительных сообществ. В связи с этим была проведена оценка исследованных ассоциаций черносаксаульников с использованием индексов разнообразия, которые всесторонне характеризуют флористический состав растительного сообщества.

#### **4.3 Оценка биоразнообразия растительных ассоциаций черносаксаульников дельты реки Иле**

Для оценки биоразнообразия различных ассоциаций саксауловых лесов был исследован их флористический состав. В ходе исследования были выделены следующие ассоциации с доминированием саксаула черного: *Halimodendron halodendron* – *Haloxylon aphyllum* ass., *Artemisia terrae-albae* – *Haloxylon aphyllum* ass., *Salsola richteri* – *Haloxylon aphyllum* ass., *Salsola kurbanovii* – *Haloxylon aphyllum* ass.

Проведя флористический анализ основных ассоциаций черносаксаульников, нами выявлено следующее: во всех четырех ассоциациях зарегистрировано 58 видов, 15 семейств. Виды, которые встречались во всех ассоциациях: *Amberboa turanica* Pjin, *Atriplex tatarica* L., виды, часто встречающиеся: *Koelpinia linearis* Pall., *Nonea picta* (M. Bieb.) Fisch. & C.A. Mey., *Alyssum dasycarpum* Stapf, *Lepidium perfoliatum* L., *Salsola richteri* Pall., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. & Spach, *Schismus arabicus* Nees и другие. Представители семейств *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Poaceae* присутствуют во всех ассоциациях.

Наиболее крупным семейством по количеству представленных видов является *Chenopodiaceae* – 12 видов, далее следуют *Asteraceae*, *Brassicaceae*,

которые содержат в себе по 10 видов. Эти семейства включают в себя 54 % всего видового состава, исследованных ассоциаций. Остальные семейства характеризуются незначительным видовым разнообразием (рисунок 37).

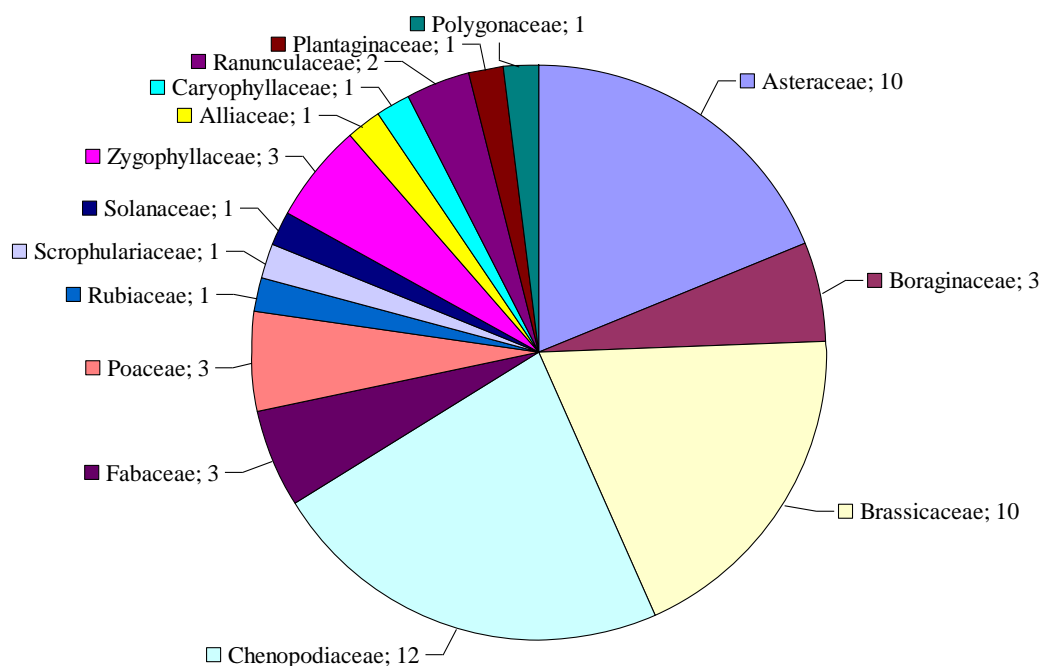


Рисунок 37 – Разнообразие семейств и число видов в черносаксауловых ассоциациях

Одной из важных характеристик флористического состава является насыщенность родов видами. Однако в ассоциациях черносаксаульников мы зарегистрировали очень малое число видов, принадлежащих одному роду. Так, род *Salsola* содержит 3 вида, роды *Eremopyrum*, *Alyssum* и *Zygophyllum* – по 2 вида, остальные 49 родов представлены только 1 видом.

Для того, чтобы выяснить устойчивость сообщества к различным факторам необходимо определить уровень биологического разнообразия [242].

#### *Оценка биоразнообразия ассоциаций саксаула черного.*

При выборе индекса мы базировались на исследованиях, проведенных Taylor, [144], который изучал дискриминантную способность индексов биоразнообразия и наиболее чувствительных на разных участках. Наиболее показательным из всех исследованных индексов оказался индекс Шеннона, богатство видов, обратный индекс Симпсона и т.д. Magurran [200] в своих исследованиях обнаружила наибольшую различительную способность индекса Маргалефа, Макинтоша и видового богатства [243].

По примеру Peet [244] мы разделили показатели, объединяющие число видов и их обилие на 2 типа индексов. К первому типу отнесены индексы видового богатства, т.е. индексы чувствительные к наличию редких видов в сообществе. Наиболее информативным индексом в этой группе считается индекс Шеннона. Ко второму типу принадлежат индексы, основывающиеся на

обилии обычных видов и доминированию их в сообществе. Ко второй группе относится индекс Симпсона.

Для определения размеров выборки были использованы рекомендации указанные в исследованиях Magurran [200, с. 83]. С учетом данных рекомендаций был выбран одинаковый и достаточно большой размер выборки для обеспечения репрезентативности.

Видовое богатство в лесу, зависит от климатических, эдафических и биотических факторов [245]. Для различных эдафотопов свойственный флористический состав и биоразнообразие видов.

Видовое разнообразие по Одуму Ю. [132, с. 346] складывается из двух компонентов:

- *видового богатства*, или *плотности видов*, которое характеризуется общим числом имеющихся видов;

- *выравненности*, основанной на относительном обилии или другом показателе значимости вида и положении его в структуре доминирования. В нашем исследовании мы провели расчеты для обоих компонентов видового разнообразия, которые представлены в таблице 30.

Таблица 30 - Биологическое разнообразие преобладающих растительных ассоциаций саксаула черного

Показатели	<i>Halimodendron halodendron – Haloxylon aphyllum ass.</i>	<i>Artemisia terrae-albae – Haloxylon aphyllum ass.</i>	<i>Salsola richteri – Haloxylon aphyllum ass.</i>	<i>Salsola kurbanovii – Haloxylon aphyllum ass.</i>
Число видов	26	31	22	17
Число родов	24	29	21	15
Число особей	151	427	171	225
Число семейств	10	12	8	4
Индекс Шеннона	2,622	2,391	2,264	2,013
Выравненность	0,805	0,696	0,440	0,371
Индекс Симпсона (1-D)	0,122 (0,878)	0,148 (0,852)	0,177 (0,823)	0,218 (0,782)

*Halimodendron halodendron – Haloxylon aphyllum ass.* Разнообразие данной ассоциации определялось с помощью индекса разнообразия Шеннона, который в данной ассоциации принимает наибольшее значение-2,622. Выравненность размещения особей в данной ассоциации составляет 0,805, что свидетельствует о том, что виды наиболее равномерно распределены на учетной площадке. Так как индекс Шеннона придает большое значение редким видам, можно предположить, что в *Halimodendron halodendron – Haloxylon aphyllum ass.* количество особей каждого встречающегося вида относительно одинаково.

*Artemisia terrae-albae – Haloxylon aphyllum ass.* Ассоциация серополынных черносаксаульников имеет индекс Шеннона равному 2,391 и показатель

выравненности – 0,696. В данной ассоциации наблюдается большее видовое богатство – 31 вид, а также число особей всех видов – 427, что превосходит все исследуемые ассоциации черносаксаульников.

*Salsola richteri* – *Haloxylon aphyllum* ass. Индекс разнообразия Шеннона в данной ассоциации составляет 2,264, выравненность – 0,440. Количество видов представленных в ассоциации кейреуковых черносаксаульников равно 22, количество всех особей – 171.

*Salsola kurbanovii* – *Haloxylon aphyllum* ass. Данная ассоциация имеет самое низкое значение индекса разнообразия Шеннона – 2,013 и выравненности – 0,317. Количество видов в данной ассоциации составляет 17, а количество особей – 225.

Видовое богатство во всех ассоциациях представлено количеством видов от 17 до 21. Если судить только по видовому богатству не принимая во внимание распределение видов, то прослеживается четкая закономерность наиболее разнообразных сообществ (прирусловых саксаульников в современной пойме р. Иле). В порядке уменьшения видового разнообразия ассоциации расположены следующим образом: серополынные черносаксаульники, произрастающие на сероземных почвах в пределах Баканасской равнины; далее следуют кейреуковые черносаксаульники, которые характеризуются достаточным количеством видов, произрастающих на наиболее отдаленных территориях от русла реки Иле в пограничной с пустыней местностью, густота насаждений также самая низкая по сравнению с другими участками. Наиболее низкое видовое разнообразие имеют сочносолянковые черносаксаульники, которые также произрастают на Баканасской равнине в понижениях рельефа.

Наравне с показателями видового богатства важное место занимают индексы, основанные на обилии видов. Анализируя изменения индекса Шеннона, мы наблюдаем подобную закономерность, как и в видовом разнообразии в связи с тем, что индекс Шеннона характеризует максимальное видовое разнообразие и чувствителен к наличию редких видов в сообществе. Индекс Шеннона увеличивается от сочносолянковых ассоциаций черносаксаульников к чингиловым. Это свидетельствует о том, что в чингиловых черносаксаульниках наибольшее число редких видов. Среди них особи, встречающиеся в единственном экземпляре, представлены следующими видами: *Hyoscyamus pusillus* L., *Astragalus filicaulis* Fisch. & C.A.Mey. ex Kar. & Kir., *Lepidium deserti* L. *Cardaria draba* (L.) Desv. и другие. Так как индекс Шеннона также отражает обилие видов, невозможно судить о биоразнообразии только по наличию редких видов. Так, в ассоциации сочносолянковых черносаксаульников с наименьшим индексом Шеннона наблюдается наименьшее количество видов с одинаковым числом особей. Интерес представляет тот факт, что в сообществе серополынных черносаксаульников с числом видов – 31, индекс Шеннона равен 2,391, что на 0,231 меньше индекса чингиловых ассоциаций. Объясняется данный факт тем, что в данной ассоциации несколько видов наиболее обильны: *Artemisia terrae-albae* Krasch., *Ceratocarpus arenarius* Sav.-Rycz. ex Pjin, *Krascheninnkovia ceratoides* (L.) C. A.



Meu, *Schismus arabicus* Nees и другие. Кейреуковые и серополынные черносаксаульники, несмотря на большое различие в числе особей всех видов (S-427 и 171 соответственно) имеют сходный индекс Шеннона.

На основании индекса Шеннона нами был рассчитан показатель выравненности. Данный показатель, отражает относительное обилие, значимость вида, равномерность распределения видов по их обилию в сообществе. В нашем примере, самой высокой выравненностью обладает сообщество чингиловых черносаксаульников – 0,805, что говорит о практически равном обилии всех видов в ассоциации. Максимальная выравненность равная 1 обозначает равное обилие всех видов. Принято считать, что высокая выравненность означает высокое разнообразие. Наименьший показатель выравненности наблюдается в сочносолянковых черносаксаульниках (0,371). Низкая выравненность обусловлена такой структурой сообщества, в которой наблюдается доминирование одного или нескольких видов.

Если индекс Шеннона оценивает значимость вида в сообществе, то существует другой индекс биоразнообразия, который отражает обилие обычных видов, а не видовое богатство ассоциации - индекс Симпсона. Показатели Симпсона также изменяются в сторону увеличения от чингиловых к серополынным черносаксаульникам. Таким образом, данный показатель также доказывает высокое разнообразие чингиловых черносаксаульников (индекс=0,878). Индекс Симпсона также используют в форме 1-D, этот показатель отражает «вероятность межвидовых встреч». Среди всех ассоциаций наибольшее число встречаемости вида в сочносолянковой ассоциации черносаксаульников (0,218).

*Биологическое разнообразие сообществ с доминированием саксаула черного.*

В литературных источниках [23, с. 165] указывается богатое видовое разнообразие приустьевых саксаульников *Halimodendron halodendron* - *Haloxylon aphyllum* ass., в которых наибольшее число видов составляли эфемеры. Также в трудах Курочкиной Л.Я. [13, с. 274] ассоциация чингиловых черносаксаульников является наиболее продуктивной для использования под пастбища. Однако в ходе нашего исследования было обнаружено, что, несмотря на высокое биоразнообразие данного сообщества наблюдается изменение видового состава популяций, происходит замещение поедаемых растений сорными и ядовитыми и увеличение их покрытия в связи с постоянным выпасом скота на исследуемых участках. Так, в *Halimodendron halodendron*+*Haloxylon aphyllum* ass. появились виды *Peganum harmala* L., *Zygophyllum lextmannianum* Bge., *Z. Fabagoides* M. Pop. и др. также наблюдается уменьшение числа особей *Halimodendron halodendron* (Pall.) Voiss.

Ассоциации серополынных черносаксаульников, которые занимают обширные территории, демонстрируют наиболее стабильное положение среди остальных сообществ. Средняя густота насаждений составляет 1000 шт/га. Число видов в данном сообществе самое высокое, виды распространены равномерно, покрытие составляет около 50 %. Полынь белоземельная

произрастает здесь на открытых участках и насчитывает большое количество особей благодаря неполному смыканию крон саксаула черного. Такие благоприятные условия на месте произрастания данного сообщества связано еще с тем, что участок находится под контролем, периодически проводятся восстановительные мероприятия и охрана.

Несмотря на отсутствие непосредственного влияния человеческой деятельности на территории древней дельты реки Иле, мы наблюдаем изменение в структуре сообществ. Так, большое распространение имеет сорный вид *Ceratocarpus arenarius* L. По Бедаревой О.М. [25, с. 263], эбелековые черносаксаульники являются завершающей стадией деградации, относящиеся к эбелековому типу засорения. На территории проводились несанкционированные вырубki, что сократило густоту насаждений до 350 шт/га в связи с неблагоприятными условиями для их роста и развития. Однако число видов в данном сообществе достаточно высокое. Наши исследования, возможно, доказывают гипотезу промежуточного нарушения, которая предполагает, что нарушение старовозрастных лесов может привести к обогащению за счет добавления видов во время сукцессии, но чрезмерное нарушение может привести к снижению видового богатства [246].

Сочносолянковые черносаксаульники представлены на трансекте 2-4. Возраст насаждений 25 лет с очень высокой густотой, кроны деревьев смыкаются, и второй ярус расположен на свободных участках. В связи с близким залеганием грунтовых вод происходит засоление верхних горизонтов почвы, где произрастают представители различных солянок. В отношении видового богатства и биоразнообразия данный фитоценоз является самым бедным. Это связано, прежде всего, с климаксовым состоянием сообщества и эфидификаторной и доминантной функцией саксаула черного.

Таким образом, по индексам биологического разнообразия: видового богатства Шеннона, показателям выравненности и обилия и доминирования видов Симпсона, установлено, что биологическое разнообразие уменьшалось в ряду ассоциаций черносаксаульников: *Haloxylon aphyllum* - *Halimodendron halodendron* ass., *Haloxylon aphyllum* - *Artemisia terrae-albae* ass., *Haloxylon aphyllum* - *Salsola richteri* ass., *Haloxylon aphyllum* - *Salsola kurbanovii* ass.

На основе полученных результатов было выявлено, что биоразнообразие отражает степень влияния естественных условий и человеческой деятельности на структуру сообщества и видовое богатство ассоциации. К естественным экологическим условиям, которые оказывают влияние на разнообразие сообществ, в нашем исследовании, мы можем отнести стрессовые условия, повышение конкуренции. Однако наибольшее влияние на изменение биоразнообразия имеют антропогенные факторы, такие как рубка и выпас скота. Под влиянием этих факторов совместно сообщество начинает изменяться и проходит различные сукцессионные стадии, при которых биоразнообразие имеет разную направленность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований и анализа результатов полученных данных сделаны следующие выводы:

1. Выявлена положительная динамика изменения площади черносаксауловых сообществ Иле-Балхашского региона. Установлено увеличение площадей молодняка, сокращение популяций спелых и перестойных групп возраста. Наибольшее распространение на территории региона имеют популяции средневозрастных деревьев (10-17 лет).

Установлены статистические закономерности влияния возраста на среднюю высоту, диаметр корневой шейки, диаметр кроны черного саксаула в популяциях, произрастающих в современной и древней дельте реки Иле. Статистические различия возрастной динамики высоты и диаметра корневой шейки в двух популяциях черносаксаульников не выявлены. Выявлено, что рост кроны черного саксаула, произрастающего в современной дельте реки Иле, происходит постоянно, в то время как в древней дельте реки Иле развитие кроны при достижении определенного возраста находится в состоянии «плато».

2. Черносаксаульники современной дельты реки Иле обладают более продуктивными фитоценозами. Получены модели возрастной динамики биомассы дерева саксаула и древесного яруса черносаксаулового фитоценоза, которые выражаются регрессионными уравнениями. Выявлена продуктивность черносаксауловых ценозов в зависимости от густоты насаждений. При густоте до 900 деревьев / га продуктивность составила 0,82 т / га в год, 1,78 т / га в год при густоте 900-1500 деревьев / га и 2,63 т / га в год при густоте 1500–2000 деревьев / га, соответственно.

3. *Haloxylon aphyllum* и *Haloxylon persicum* имеют сходство в строении побегов, листьев, плодов. Различаются виды по жизненным формам и экологическим условиям произрастания, а также анатомическим характеристикам. Саксаул черный, в связи с приуроченностью к засоленным местообитаниям имеет кристаллы в сосудистом цилиндре, а саксаул белый в водозапасающих клетках. Также выявлено различие в количестве и толщине эпидермиальных слоев (*Haloxylon aphyllum* – 1 слой (7,67-10,53 мкм), *H. persicum* - 2 (12,79-13,62 мкм)), определяющее экологическую приспособляемость видов к экстремальным температурным условиям.

В современной дельте реки Иле после сплошных рубок фитоценоз молодых лесов имеет гомогенную структуру. Ценопопуляции современной дельты характеризуются инвазионным и нормальным неполночленным состоянием.

На формирование структуры фитоценоза древней дельты реки Иле первостепенное значение оказывают естественные факторы. К эндогенным факторам относится густота стояния древесного яруса, конкуренция, а также возраст популяций черного саксаула. Экзогенными факторами, оказывающими влияние на структуру сообществ, являются гидрогеологические условия, почвенный покров и микрорельеф. Для популяций древней дельты реки Иле характерно преобладающее число ювенильных и виргинильных особей при

неблагоприятных почвенно-гидрологических условиях. При благоприятных условиях произрастания ценопопуляции черного саксаула представлены полным онтогенетическим спектром с оптимальным количеством поступления ювенильных особей. Установлено регрессионное состояние возрастного спектра в старовозрастной популяции.

4. По индексам биологического разнообразия: видового богатства Шеннона, показателям выравненности, обилия и доминирования видов Симпсона, установлено, что биологическое разнообразие уменьшалось в ряду ассоциаций черносаксаульников: *Haloxylon aphyllum* - *Halimodendron halodendron* ass., *Haloxylon aphyllum* - *Artemisia terrae-albae* ass., *Haloxylon aphyllum* - *Salsola richteri* ass., *Haloxylon aphyllum* - *Salsola kurbanovii* ass.

Рекомендации:

На основании проведенных геоботанических и флористических исследований саксаульных лесов Иле-Балхашского региона получены результаты, отражающие состояние фитоценозов различных условий произрастания. Выявленные стадии развития возрастной и пространственной структуры популяций современной и древней дельты реки Иле, данные по продуктивности черносаксауловых ценозов позволяют предложить рекомендации для мониторинга и рационального использования лесных ресурсов исследуемого региона.

Рекомендации были разработаны с учетом гидрогеологических, почвенных условий, рельефа, а также продуктивности популяций саксаула черного. По видам антропогенного использования мы выделяем: лесопастбища, лесомелиорацию и рубки саксауловых лесов.

1. В популяциях саксаула черного, произрастающих на прирусловой равнине, супесчаных почвах, с уровнем грунтовых вод до 5 м допускается рубка при условии, что густота древостоя будет превышать 1500 шт/га. Изъятие саксаула черного не должно превышать средний годовой прирост биомассы для указанной густоты (2,63 т/га в год). Рубки необходимо проводить только для деревьев достигших возраста технической зрелости, оставляя при этом ювенильные, имматурные и молодые генеративные особи.

2. Популяции черносаксаульников, которые распространены на древнеаллювиальной равнине с уровнем грунтовых вод свыше 5 м можно использовать в качестве лесопастбищ. Густота ценопопуляций современной дельты реки Иле использующихся для выпаса скота должны быть не меньше 900 шт/га со средней продуктивностью 1,78 т/га в год. Мероприятия по ограничению перевыпаса должны включать в себя пастбищеоборот.

3. Для черносаксауловых лесов древней дельты реки Иле, а также баканасской такыровидной равнины (УГВ более 7 м) с густотой древостоя менее 900 шт/га и средней продуктивностью 0,83 т/га в год необходимо проводить лесомелиоративные мероприятия, такие как посадка и посев саксаула черного, содействие возобновлению.

Для всех популяций черносаксаульников необходимо проведение санитарных рубок и рубок ухода, очистки валежника, так как наличие сенильных особей затрудняет возобновление ценопопуляции. Таким образом,

необходимо проведение постоянного мониторинга за состоянием черносаксауловых лесов, оценки состояния и разработки программы по лесопользованию и лесовосстановлению для каждого отдельного фитоценоза с учетом особенностей произрастания и динамики.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Pyankov V.I., Black Jr. C.C., Artyusheva E.G., Voznesenskaja E.V., Ku MSB., Edwards G.E. Features of photosynthesis in *Haloxylon* species of *Chenopodiaceae* that are dominant plants in Central Asian deserts // *Plant Cell Physiol.* – 1999. – Vol. 40. – P. 125–134.
- 2 Buras A, Wucherer W, Zerbe S, Noviskiy Z, Muchitdinov N. Allometric variability of *Haloxylon* species in Central Asia // *For. Ecology and Management.*- 2012.- Vol. 274.- P. 1–9.
- 3 Комитет лесного хозяйства и животного мира Министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан URL: <http://www.fhc.kz/pkg/5095/> (дата обращения: 06.05.2016).
- 4 Постановление Правительства Республики Казахстан «О внесении изменений в постановление Правительства Республики Казахстан от 23 апреля 2004 года № 460 «О запрете рубок главного пользования в хвойных и саксауловых насаждениях на участках государственного лесного фонда и мерах по их сохранению»: утв. 9 августа 2013 года № 460 // Официальный сайт Правительства Республики Казахстан.
- 5 Сукачев В.Н. Растительные сообщества. - М., 1928. - 232 с.
- 6 Krajina V.J. Can we find a common platform for the different schools of forest type classification. – Silva: Fenn, 1960. – 105 p.
- 7 Жагловская А.А. Геоботанический и лесоводственный подходы к изучению саксаульных лесов // Фараби Әлемі. - Алматы: Қазақ университеті, 2015. - С. 85-86.
- 8 Прозоровский Н.А. Наблюдение за осенним и летним состоянием степных растений // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника. - 1940. - С. 58-65.
- 9 Кубанская З.В. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Бетпак-Дала. - Алма-Ата, 1956. - С. 163 - 201.
- 10 Коровин Е.П. Исторический очерк развития растительности Средней Азии. - М., 1958. - С. 264 – 343.
- 11 Родин Л.Е. Динамика растительности пустынь (на примере Западной Туркмении). – М., 1961.-227 с.
- 12 Коровин Е.П. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. - Ташкент, 1962. - Т. 1. - 452 с.
- 13 Курочкина Л.Я. Растительность песчаных пустынь Казахстана. - Алма-Ата, 1966. - Т. 1. - С. 271 - 279.
- 14 Станюкович К.В. О понятии пустыня и пустынная растительность // Проблемы освоения пустынь. - 1965. - № 5. - С. 65-66.
- 15 Быков Б.А. Введение в фитоценологию. - Алма-Ата, 1970. - 134 с.
- 16 Мамотов И.Ф. Гипсофильная растительность Gypsophyta // Растительный покров Узбекистана и пути его рационального использования. - Ташкент, 1973. - Т. 2. - С. 81 - 191.
- 17 Курочкина Л.Я. Псаммофильная растительность Казахстана. - Алма-Ата, 1978. - 272 с.

- 18 Рачковская Е.И. Растительность гобийских пустынь Монголии. - СПб, 1993. - С. 103 - 120.
- 19 Рачковская Е.И. О пустынном типе растительности // Ботанический журнал. - 1995. - Т. 80, № 9. - С. 53 - 58.
- 20 Мазинг В.В. Консорции как элементы функциональной структуры биогеоценозов // Тр. МОИП. - 1966. - Т. 27. — С.117.127.
- 21 Мазинг В.В. Проблемы изучения консорций // Значение консортивных связей в организации биогеоценозов: учен. зап. Перм. пед. ин-та.- Пермь, 1976.- Вып. 150. - С. 18-27.
- 22 Мазинг В.В. Смена парадигм и проблема классификации в геоботанике // Флористические критерии при классификации растительности. – Уфа, 1981. - С. 6-8.
- 23 Гвоздева Л.П. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Сары-Ишикотрау. - Алма-Ата, 1960. - 206 с.
- 24 Курочкина Л.Я. Растительность песчаных пустынь Казахстана. - Алма-Ата, 1966. - Т. 1. - С. 271 - 279.
- 25 Бедарева О.М. Экосистемы средних пустынь Казахстана и их инвентаризация методами дистанционного зондирования: дис. ... д-р. биол. наук: 03.00.16. - Калининград, 2009. - 372 с.
- 26 Сукачев В.Н. Лесная биогеоценология как теоретическая основа лесоводства и лесного хозяйства // Вопросы лесоведения и лесоводства. - М.: АН СССР, 1960.
- 27 Курочкина Л.Я. Характеристики саксаульников в Кызыл-Кумах // Труды Института ботаники КазССР. - 1960. - Т. 8. - С. 27 - 54.
- 28 Пашковский К.А. Биологические основы повышения продуктивности саксаульников Казахстана: автореф. ... док. биол. наук.- Алма-Ата: Каз. гос. ун-т им. С. М. Кирова, 1964. - 35 с.
- 29 Михайленко О.Е. Схема лесорастительного районирования лесов Казахстана // Наставления по лесовосстановлению и лесоразведению в государственном лесном фонде КазССР. - 1988. - №2. - С. 4-16.
- 30 Годовые отчеты Баканасского государственного учреждения лесного хозяйства Управление природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Алматинской области Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. – Баканас, 1978-2013.
- 31 Благовещенский Э.Н. Процессы дефляции и генезис грядового рельефа песчаных пустынь. - М., 1949. - Вып. 14. - С. 64 - 80.
- 32 Пашковский, К. А. Саксаульники Коскудукского лесного массива. - Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1952. - 70 с.
- 33 Суставова О.В. Структура и динамика сосновых древостоев искусственного происхождения в условиях степного Зауралья: дис. ... канд. с/х наук: 06.03.02. - Екатеринбург, 2004. - 217 с.
- 34 Колтунова А.И. Моделирование роста и продуктивности древостоев (на примере некоторых лесобразующих пород северной Евразии): дис. ... д-р. с/х наук: 06.03.02. - Екатеринбург, 2004. - 480 с.

- 35 Орлов М. М. Лесная таксация. - Л.: Изд-во Ленингр. лесн. ин-та, 1925.- 510 с.
- 36 Свалов Н. Н. Прогнозирование роста древостоев // Итоги науки и техники. ВИНТИ. Лесоведение и лесоводство. - 1978. - Т. 2. - С. 110-197.
- 37 Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. - М.: Лесная промышленность, 1979. - 214 с.
- 38 Thomasius H. O. Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wachstumsgrossen von Bäumen und Beständen für die quantitative Standortsbeurteilung // Archiv Forstwesen. - 1963. - Bd. 12, N. 12. - S. 1267-1323.
- 39 Анучин Н. П. Лесная таксация. - М.: Лесная промышленность, 1974. - 512 с.
- 40 Антанайтис В. В., Тябера А. П., Шаптяене Я. А. Законы, закономерности роста и строения древостоев. - Каунас: ЛитСХА, 1986. - 158 с.
- 41 Лир Х., Польстер Г., Фиддер Г.-И. Физиология древесных растений. - М.: Лесная промышленность, 1974. - 424 с.
- 42 Кивисте А. К. Функции роста леса: учебно-справочное пособие. - Тарту, 1988. - 108 с.
- 43 Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. - Новосибирск: Наука, 1977. - 160с.
- 44 Свалов Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования: автореф. ... док. с.-х. наук. - М., 1975. - 50 с.
- 45 Фарбер С.К. Формирование древостоев Восточной Сибири под воздействием природных и антропогенных факторов: автореф. ... док. с.-х. наук. - Екатеринбург, 1999. - 42 с.
- 46 Уткин А.И. Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов // Биологическая продуктивность лесов Поволжья. - М., 1982. - С. 59-72.
- 47 Усольцев В.В. Рост и структура фитомассы древостоев. - Новосибирск: Наука, 1988. - 253 с.
- 48 Усольцев В.А. Формирование баз данных о фитомассе лесов.- Екатеринбург: УрО РАН, 1998. - 543 с.
- 49 Усольцев В.А. Фитомасса лесов Северной Евразии: база данных и география. - Екатеринбург: УрО РАН, 2001. - 708 с.
- 50 Антанайтис В.В. Моделирование производительности древостоев в целях мониторинга лесов // Моделирование и контроль производительности древостоев: сб. науч. тр. ЛитСХА. Каунас.- 1983.- С. 6-8.
- 51 Третьяков Н. В. Методика учета среднего и текущего прироста древостоев // Вопросы лесной таксации. - М., 1937. - С. 25-32.
- 52 Тюрин А. В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. - М.-Л.: Сельхозгиз, 1931. - 102 с.
- 53 Сеннов С. Н. Проблемы лесоведения // Труды С-Пб НИИЛХ. - С-Пб.: СПбНИ-ИЛХ, 2001. - Вып. 5(9). - 57 с.
- 54 Нагимов З. Я. Закономерности строения и роста сосновых древостоев и особенности рубко ухода на Среднем Урале: автореф. ... канд. с.-х. наук. - Свердловск, 1984. - 20 с.



- 55 Козловский В. Б., Павлов В. М. Ход роста основных лесообразующих пород СССР. -М.: Лесная промышленность, 1967. - 326 с.
- 56 Тюрин А. В., Науменко И. М., Воропанов П. В. Лесная вспомогательная книжка. - М.-Л., 1956. – 527 с.
- 57 Токмурзин Т. Х. Принципы классификации видов лесопользования // Проблемы лесного хозяйства Казахстана. - Алма-Ата, 1978. - С. 163-166.
- 58 Байзаков С Б . Системно-целевой подход к экономической оценке лесных ресурсов // Организация и ведение лесного хозяйства в лесах первой группы Казахстана. - Алма-Ата, 1982. - С. 3-5.
- 59 Антанайтис В. В. Изучение роста древостоев на экологической основе. Закономерности роста и производительности древостоев // Тезисы докл. - Каунас: ЛитСХА, 1985. - С. 11-14.
- 60 Загребев В. В. Необходимость и пути совершенствования системы бонитирования древостоев. Моделирование и контроль производительности древостоев // Тезисы докл. - Каунас: ЛитСХА, 1983. - С. 31-38.
- 61 Кофман Г. Б., Кузьмичев В. В., Хлебопрос Р. Г. Принципы построения бонитетных шкал: Препринт ИЛИД СО АН СССР. - Красноярск, 1976 - 31 с.
- 62 Никитин К. Е. К вопросу бонитирования насаждений // Лесное хозяйство. - 1959. № 4.- С. 7-13.
- 63 Свалов Н. Н. Пути решения проблемы лесопользования // Лесное хозяйство. - 1964. №8. - С. 32-35.
- 64 Казимиров Н.И. Экологическая продуктивность сосновых лесов (Математическая модель). – Петрозаводск, 1995. - 132 с.
- 65 Мушегян А.М. К методике таксации саксаульников Казахстана // Лесное хозяйство. - 1957. -№ 8.- С. 33 - 36.
- 66 Лагунов П.М. Оценка фитомассы саксауловых лесов Казахстана // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. - 1986. - № 8. - С. 72 - 77.
- 67 Токмурзин Е.Т. Исследование таксационного строения и разработка методов таксации саксаульников (на примере Муюнкумских саксаульников): автореф. ... канд.с.-х. наук: 06.03.02. УСХА. - Киев, 1988.-18 с.
- 68 Усольцев В.А. Регрессионные модели для оценки надземной фитомассы чёрносаксаульников // Проблемы лесного хозяйства: матер. междунар. науч. конф. - Екатеринбург, 1991. - С. 25-27 .
- 69 Бедарева О.М. Взаимосвязь общей древесной массы саксаула черного со средней высотой и суммой площадей проекций крон // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. - 2008. - Вып. 7. Сер. Естественные науки. - С. 81-83.
- 70 Бедарева О.М. Возрастная динамика массы среднего дерева в разрезе средних высот // Инновации в науке и образовании 2006: матер. междунар. науч. конф. - Калининград, 2006. - С. 80 - 83.
- 71 Бедарева О.М. Возрастная динамика общей надземной фитомассы саксаула черного // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. - 2008. - Вып. 1. Сер. Естественные науки. - С. 65 - 69.

72 Бедарева О.М. Возрастная динамика самоизреживания саксаула черного // Естествознание и гуманизм: сборник научных трудов.- Томск, 2006. - Т. 3, № 2. - С. 45 - 48.

73 Азенов М.Х. Многомерные таксационные закономерности роста и продуктивности саксауловых насаждений Казахстана: автореф. ... канд. с. х. наук.- Алматы: Казахский научно-исследовательский ин-т лесного хоз-ва, 2009. - 22 с.

74 Кузьмин Н.И. Распределение и динамика фитомассы и ее годичного прироста в лесном покрове Оренбургской области: дис. ... канд. с/х наук: 06.03.02. - Екатеринбург, 2008. - 421 с.

75 Дзенс-Литовская Н. Н. Исследования обмена минеральных веществ в системе почва - растительная ассоциация в Савальской лесостепи // Вестник ЛГУ. - 1947. - №4. - С. 63-73.

76 Полякова П. Ф. Соотношения между массой листвы, приростом древесины и транспирацией // Докл. АН СССР. - 1954. - Т. 96, №6. - С. 1261-1263.

77 Лавренко Е. М., Андреев В. Н., Леонтьев В. А. Профиль продуктивности надземной части природного растительного покрова СССР от тундр к пустыням // Ботан. журн. - 1955. - Т. 40, №3. - С. 415-419.

78 Усольцев В. А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев. - Красноярск: Изд-во Красноярск. ун-та, 1985. - 191 с.

79 Kittredge J. I. Estimation of amount of foliage of trees and stand // J. Forestry. - 1944. - Vol. 42. - P. 905-912.

80 Поздняков Л. К., Протопопов В. В., Горбатенко В. М. Биологическая продуктивность лесов Средней Сибири и Якутии. - Красноярск: Кн. изд-во, 1969. - 120 с.

81 Усольцев В. А. Глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов // Лесной журнал. - 1993. - №4. - С. 3-7.

82 Усольцев В. А. Международный лесной мониторинг, глобальные экологические программы и базы данных о фитомассе лесов. - Екатеринбург: Изд-во УГЛТА, 1995. - 91 с.

83 Усольцев В. А. Исследование структуры и фитомассы лесного полога путем лазерного зондирования. - Екатеринбург: Изд. УГЛТА, 1996. - 109 с.

84 Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в лесах различных зон. - М.: Наука, 1971. - 275 с.

85 Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов: Методы изучения и результаты // Лесоведение и лесоводство: Итоги науки и техники. - М.: ВИ-НИТИ, 1975. - Т. 1. - С. 9-189.

86 Родин А. Е., Базилевич Н. И. Динамика органического вещества и биологический круговорот земных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. - М.: Наука, 1965. - 253 с.

87 Поздняков Л. К. Методика учета фитомассы лесов при их комплексном освоении // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. - 1968. - №5, вып. 1. - С. 3-8.

88 Токмурзин Т. Х., Байзаков С. Б. Накопление древесной зелени сосны в зависимости от лесорастительных районов и условий местопроизрастания //

Научные основы повышения продуктивности лесов. - Алма-Ата, 1971. - С. 123-129.

89. Токмурзин Т. Х., Нурпеисов Х. Н. Таблицы хода роста фитомассы древостоев сосны Прииртышья // Актуальные вопросы лесного хозяйства Казахстана. - Алма-Ата, 1977. - С. 127-136.

90 Родин Л.Е., Мирошниченко Ю.М. Экологические основы охраны растительных ресурсов пустынь // Проблемы освоения пустынь. – 1977. – №6. – С. 10-14.

91 Гунин П. Д., Дедков В. П. Экологические режимы пустынных биогеоценозов. – М.: Наука, 1978. – 228 с.

92 Изучение биологической продуктивности Источник: <http://www.activestudy.info/izuchenie-biologicheskoy-produktivnosti/> © Зооинженерный факультет МСХА // Сайт Зооинженерного факультета МСХА им. К.А. Тимирязева URL: <http://www.activestudy.info/izuchenie-biologicheskoy-produktivnosti/> (дата обращения: 05.05.2016).

93 Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: автореф. ... докт. с.-х. наук. - Екатеринбург, 2000. - 40 с.

94 Василенко Н.А. Самоорганизация древесных ценозов. - Владивосток: Дальнаука, 2008. - 171 с.

95 Буданов В.Г. О фрактальной природе времени эволюционирующих систем. // Синергетика-2. Труды семинара по синергетики. - М., 1999. - 232 с.

96 Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология: принципы и методы. - М.: Наука, 1978. -211с.

97 Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология: учебник. – СПб.: Изд-во С-Петербург. ун-та, 1999. – 316с.

98 Работнов Т.А. К экспериментальному изучению фитоценотипического состава фитоценозов //Бюллетень МОИП, отдел биологический. – 1992. - Т. 97, вып. 6. - С.69-78.

99 Галанин А.В., Дегтева С.В. Распределение растений в фитогенном поле щучки дернистой // Вестн. ЛГУ. Биология. - 1982. - №15, Вып. 3. - С. 91-94.

100 May R.M. Patterns in multispecies communities // Theoretical ecology: principles and applications. - Blackwell; Oxford, 1976. - P. 147-162.

101 Breymer A.I. Ecosyste homeostatic-search for a definition // Mem. Zool. - 1979. - Vol. 32, № 1. - P. 3-11.

102 Галанин А.В. Ценотическая организация растительного покрова. - Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. - 164с.

103 Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 240с.

104 Лоскутов А.Ю. Введение в синергетику. - Л.: Наука,1990. - 272с.

105 Галанин А.В., Беликович А.В. Постоянные геоботанические пробные площади Сохондинского биосферного заповедника. - Чита: Поиск, 2004. – 228с.

106 Аршинов В.И., Буданов В.Г., Суханов А.Д. Естественнонаучное образование гуманитариев: на пути к единой культуре // Общественные науки и современность. - 1994. - № 5. - С. 113-117.

- 107 Шенников А.П. Что такое геоботаника // Бот. журн. - 1934. - Т. 19, №4. - С. 412-423.
- 108 Сукачев В.Н. Основы лесной биогеоценологии. - М.: Наука, 1964. - 574с.
- 109 Ниценко А.А. Растительная ассоциация и растительное сообщество как первичные объекты геоботанического исследования. Сущность, свойства и методы выделения. - Л.: Наука, 1971. - 184с.
- 110 Юрцев Б.А. Элементарные естественные флоры и опорные единицы сравнительной флористики // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. - Л.: Наука, 1987. - С. 46-66.
- 111 Князева Е.Н., Туробов А. Н. Единая наука о единой природе // «Новый мир». - 2000. - №3. - С. 10-15.
- 112 Макаренко А.А. О свойствах рядов распределения деревьев в древостоях // Лесоведение. - 1975. - №6. - С. 42-49.
- 113 Дыренков С.А. Некоторые свойства и возрастная динамика рядов распределения числа стволов по ступеням толщины // Вопросы лесоустройства, таксации и экономики лесного хозяйства. - Л., 1973. - С. 114-128.
- 114 Ястребов А.Б. О процессе дифференциации древостоя // Вестн. Ленингр. ун-та. Сер. 3. - 1989. - №3. - С. 45-53.
- 115 Бузыкин А.И., Гавриков В.Л., Секретенко О.П., Хлебопрос Р.Г. Анализ структуры древесных ценозов. - Новосибирск: Наука, 1985. - 89с.
- 116 Ниценко А.А. Растительная ассоциация и растительное сообщество как первичные объекты геоботанического исследования. Сущность, свойства и методы выделения. - Л.: Наука, 1971. - 184с.
- 117 Норин Б.Н. Фитоценотическая организация некоторых типов растительного покрова Крайнего Севера // Бот. журн. - 1980. - Т. 65, № 11. - С. 1531-1542.
- 118 Лебков В.Ф. Принципы и методы изучения строения и динамики древостоев // Совершенствование методов таксации и устройства лесов Сибири. - М.: Наука, 1967. - С. 5-27.
- 119 Мошкалев А.Г., Книзе А.А., Филиппов Г.В. и др. О факторах, влияющих на дифференциацию насаждения по ступеням толщины // Вопросы лесоустройства, таксации и экономики лесного хозяйства. - Л., 1973. - С. 129-135.
- 120 Корчагин А.А., Лавренко Е.М. Полевая геоботаника. - М.-Л.: Наука, 1959. - Т. 1. - 444 с.
- 121 Симон Ф.Ф. Опыт исследования естественного возобновления сосны // Известия Казанского института сельского хозяйства и лесоведения. - 1926. - №5. - С. 18-23.
- 122 Гончар М.Т. Образование и развитие биологических групп деревьев в лесу и их хозяйственное значение: автореф. ... канд. с/х наук. - Харьков, 1954. - 244 с.
- 123 Этинген Г.Р. К учению о сложных формах насаждений // Избранные труды. Сельхозгиз. - М., 1962. - С. 56-66.

- 124 Семечкин И.В. Строение разновозрастных кедровых древостоев и особенности их таксации. – Красноярск, 1963. - 344 с.
- 125 Стороженко В.Г. Устойчивые лесные сообщества. - Тула: Гриф и К, 2007. - 192 с.
- 126 Бедарев С.А. Учебное пособие по фитоценологии. - Алма-ата: КазГУ, 1999, - 61 с.
- 127 Быков Б.А. К характеристике растительности каменистых пустынь // Ботанический журнал. - 1960. - Т. 45, № 3. - С. 353 - 368.
- 128 Корчагин А.А., Лавренко Е.М. Полевая геоботаника. - М.: Академии наук СССР, 1960. - Т. 3. - 531 с.
- 129 Whittaker R.H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California // *Ecol. Monogr.* - 1960. - Vol. 30. - P. 279-338.
- 130 Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
- 131 Реймерс, Н. Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) // Россия Молодая. - М., 1994. - 367 с.
- 132 Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. - М.: Мир, 1992. - 184 с.
- 133 Залепухин В.В. Теоретические аспекты биоразнообразия. Учебное пособие. - 2003. – 139 с.
- 134 Снакин В.В. Экология и охрана природы. - 2000. - 384 с.
- 135 Taylor L.R. Bates, Williams, Hutchison - a variety of diversities // *Diversity of Insect Faunas: 9th Symposium of the Royal Entomological Society.* - Blackwell, Oxford, 1978. – P. 1-18.
- 136 Eisfelder C., Kuenzer C., Dech S., Buchroithner M.F. Comparison of two remote sensing based models for regional net primary productivity estimation a case study in semi– arid Central Kazakhstan // *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* – 2013. Vol. 64. – P. 1843–1856.
- 137 Lioubimtseva E., Adams J.M. Possible implications of increased carbon dioxide levels and climate change for desert ecosystems // *Environ. Manag.* – 2004. - Vol. 331. – P. 388–404.
- 138 Eisfelder C., Klein I., Niklaus M., Kuenzer C. Net primary productivity in Kazakhstan, its spatio–temporal patterns and relation to meteorological variables // *Journal of Arid Environments.* – 2014. – Vol. 103. – P. 17–30.
- 139 Eisfelder C., Kuenzer C., Dech S. Derivation of biomass information for semi–arid areas using remote sensing data // *Int. J. Remote Sens.* – 2012. – Vol. 339. – P. 2937–2984.
- 140 Su Pei–Xi, An Li–zhe, Ma Rui–Jun and Liu Xin– Min. Kranz anatomy and c4 photosynthetic characteristics of two desert plants, *Haloxylon ammodendron* and *Calligonum mongolicum* // *Acta phytocologica Sinica.* – 2005. – Vol. 291. – P. 1–7.
- 141 Ramazannejad Ghadi, Azizian D., Assadi M. Comparative anatomical analysis of stem in four genera of the tribe Salsoleae, Chenopodiaceae // *Iran Journ. Bot.* – 2006. – Vol. 122. – P. 169–182.
- 142 Zhibin Wen, Mingli Zhang. Anatomical types of leaves and assimilating shoots and carbon 13 C/ 12 C isotope fractionation in Chinese representatives of Salsoleae sl Chenopodiaceae // *Flora.* – 2011. – Vol. 206. – P. 720–730.

- 143 Heklau H., Gasson P., Schweingruber F., Baas P. Wood anatomy of Chenopodiaceae Amaranthaceae sl. // IAWA Journal. – 2012. – Vol. 332. – P. 205–232.
- 144 Shuyskaya E., Rajabov T., Matsuo N., Toderich K., Gismatullina L., Voronin P., Yamanaka N. Seasonal Dynamics of Asiatic Desert C 3 /C 4 Species Related to Landscape Planning and Rehabilitation of Salt Affected Lands // Journal of Arid Land Studies. – 2012. – Vol. 221. – P. 77–82.
- 145 Т.К. Кудеков. Современное экологическое состояние бассейна озера Балхаш. – Алматы: Каганат, 2002. – С. 288.
- 146 Рыбин Н.Г. О физико-географическом разделении Казасхтана // Известия АН КазССР. - 1948. - №57. - С. 50-85.
- 147 Ахмедсафин У.М. Собрание трудов по гидрогеологии. - Алматы: Гылым, 2003. - Т.1. - 340 с.
- 148 Вяткин М.К. О геоморфологии и некоторых моментах новейшей геологической истории Южного Прибалхашья // Вестник АН КазССР. - 1948. - №8. - С. 3-17.
- 149 Геология СССР: Южный Казахстан. Полезные ископаемые. - М.: Гос. науч.-техн. Изд. литературы по геологии и охране недр, 1976. – Т. 40. - 403 с.
- 150 Костенко Н.Н. К истории Балхаша // Известия КазФАН СССР. Сер. Геология. - 1946. - Вып. 8 (26). - С. 94 - 96.
- 151 Погребинский М.А. Илийская долина, её природа и ресурсы. - Алма - Ата, 1963. - 154 с.
- 152 Бабаев А.Г, Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г. Пустыни. - М., 1986. - С. 10-81.
- 153 Рыбин Н.Г. Сухие русла древней реки Или-Баканас // Известия АН КазССР. Сер. Геология. - 1955. - Вып. 19, № 157. - С. 42 - 44.
- 154 Штегман Б.К. К истории формирования дельты р. Или // Геоморфология и палеонтология: сборник научных трудов. - М.- Л., 1951. - С 128- 130.
- 155 Ахмедсафин У.М. Подземные воды Казахстана // Очерки по физической географии Казахстана. - 1952. - С. 128-154.
- 156 Ахмедсафин У.М., Джабасов М.Х., Сыдыков Ж.С. и др. Подземные воды Южного Прибалхашья. - Алма-Ата: Наука, 1980. - 128 с.
- 157 Сыдыков Ж.С., Джабасов М.Х., Махмутов Т.Т. и др. Балхашский сегмент. Подземные воды. - Алма-Ата: Гылым, 1992. - 240 с.
- 158 Ахмедсафин У.М., Джабасов М.Х., Ошлаков Г.Г. Южно-Прибалхашский артезианский бассейн // В кн.: Формирование и гидродинамика артезианских вод Южного Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 1973. - С.18-22.
- 159 Корниенко В. А. Почвы Акдалинского массива. - Алма-Ата, 1977. - 180 с.
- 160 Плисак Р.П., Огарь Н.П. Опыт картографирования растительности пойм рек Или и Сырдарьи в условиях зарегулированного стока // Второй съезд географического общества Туркменской ССР: тезисы докладов. - Ашхабад, 1985. - С. 176 - 177.

- 161 Литвинова А.А. Почвы // Илийская долина, её природа и ресурсы. - Алма - Ата, 1963. - С. 102 - 107.
- 162 Лобова Е.В. Почвы пустынной зоны СССР. - М., 1960.- 364 с.
- 163 Давитая Ф.Ф., Сапожникова С.А. Климатические ресурсы сельского хозяйства // Природные ресурсы Советского Союза, их использование и воспроизводство. - М., 1963. - С. 46 - 48.
- 164 Фаизов К.И. Почвы пустынной зоны Казахстана. - Алма-Ата, 1980.-136 с.
- 165 Лавренко Е.М., Никольская Н.И. Ареалы некоторых центрально-азиатских и северотуранских видов пустынных растений и вопрос о ботанико-географической границе между Средней и Центральной Азией // Бот. журнал. - 1963. – Т. 48, № 12. – С. 1741-1761.
- 166 Лавренко Е.М. Основные черты ботанической географии пустынь Евразии и Северной Африки. - М. - Л., 1962. - 168 с.
- 167 Грубов В.И. Растения Центральной Азии (по материалам ботанического института им. В.Л. Комарова). - М.-Л., 1963. - 167 с.
- 168 Петров М.П. Сравнительная характеристика ландшафтов пустынь Азии и Северной Африки // Вестник ЛГУ Сер. Геология и география. - 1965. - №6.- С. 84-93.
- 169 Иващенко А.А., Курагулова Ж.К., Курочкина Л.Я. и др. Растительный мир // Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыкольская система озер). – Астана, 2007. – Т. 3. – С. 126-135.
- 170 Рачковская Е.И., Волкова Е.А., Храмцова В.Н. Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). – СПб., 2003. – 424 с.
- 171 Огарь Н.П., Евстифеев Ю.Г., Якунин Г.Н., Пачикин К.М. Карта экосистем современной дельты Или. М 1: 500000. – Япония: JRAK, 1993.
- 172 Огарь Н.П. Растительность долин рек аридных и семиаридных регионов континентальной Азии: автореф. ... док. биол. наук: 03.00.05. – Алматы, 1999. – 24 с.
- 173 Огарь Н.П. Экосистемный подход в изучении растительности долин рек // Геоботанические исследования в семиаридных и аридных регионах: современное состояние, проблемы и перспективы: мат. междунар. конф. – Алматы: Айдана, 2001. – С. 9-13.
- 174 Аралбаев Н.К. О трансформации флор и проблемы сохранения и восстановления разнообразия флоры степей и пустынь Казахстана // Вестник КазГУ, серия биологическая. – 1998. – №4. – С. 34-37.
- 175 Нестерова С.Г., Инелова З.А. Флора пустынь Иле-Балхашского региона. - Алматы: Қазақ Университеті, 2015. - 180 с.
- 176 Нестерова С.Г., Инелова З.А., Айдосова С.С., Басыгараев М., Ерубева Г.К., Чилдибаева А.Ж. Жизненные формы флоры прибалхашских пустынь Иле-Балхашского региона // Вестник КАЗНУ. Серия экологическая. - 2010. - №3. - С. 38-41.

- 177 Инелова З.А. Охрана редких и исчезающих видов долины среднего и нижнего течения р. Или // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – Алматы, 2010. – № 1(27). – С. 16-24.
- 178 Павлов Н.В. Этюд Прибалхашской флоры // Вестник АН Каз ССР. - 1952. - № 2. - С. 20 - 24.
- 179 Бедарев С.А. Динамика урожайности и химизма пастбищной растительности пустыни Сары - Ишикотрау (Приилийская полоса) // Труды Института ботаники АН КазССР. - 1959. - Т. 6. - С. 74-98.
- 180 Курочкина Л.Я. Фитогеографическое районирование Таукумов // Условия формирования урожая на песчаных пастбищах Прибалхашья. - Алма-Ата, 1973. - С. 5 - 17; С. 24 - 38.
- 181 Макулбекова Г.Б., Болатбаев Т.Б. Комплексы ассоциаций, группы комплексов и пастбищные районы Прибалхашья // Условия формирования урожая на песчаных пастбищах Прибалхашья. - Алма-Ата, 1973. - С. 38-49.
- 182 Быков Б.А. Региональный анализ флоры и ботанико-географическое картографирование Казахстана // Проблемы освоения пустынь. – 1980. - № 6. - С. 3 - 15.
- 183 Paulsen O. Studies of the vegetation of the Trans Caspian Lowlands. - Copenhagen, 1912. - P. 45 - 67.
- 184 Нечаева Н. Т., Василевская В. К., Антонова К. Т. Экологическая классификация однолетних растений Каракумов // Бот. журн. -1969. - Т.54, № 1. - С. 1689-1704.
- 185 Попов М.Г. Растительный покров Казахстана. - М.-Л., 1940. - С. 43 - 78.
- 186 Ильин М.М. Некоторые итоги изучения флоры пустынь Средней Азии // Материалы по истории флоры и растительности СССР. - М.-Л., 1946. - Вып. 2. - С. 490 - 520.
- 187 Благовещенский Э.Н. Саксаульники низменных Кара-Кумов // Известия географического общества. - 1941. - № 73 (2). -С. 34-90.
- 188 Сукачев В.Н. Руководство к исследованию типов леса. - М.: Сельхозиздат, 1931. - 328 с.
- 189 Ярошенко П.Д. Геоботаника. - М.: Просвещение, 1969. - 200 с.
- 190 Mueller-Dombois D., Ellenberg H. Aims and Methods of Vegetation Ecology. - New York: Wiley & Sons, 1974. – 215 p.
- 191 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Модели определения возраста *Haloxylon aphyllum* по таксационным показателям // XVI Сатпаевские чтения. - Павлодар: Кереку, 2016. - С. 258-264.
- 192 Арциховский В.М., Осипов А.П. Саксаул, определение его возраста и его физиологические особенности // Советская ботаника. – 1934. - №2. – С.28-53.
- 193 Флора Казахстана. – Алма – Ата: Наука, 1956-1967. – Т. 1-9.
- 194 Серебряков И.Г. Экологические группы и жизненные формы растений // Ботаника (Анатомия и морфология растений). – М., 1978. – С. 431-461.
- 195 Тахтаджян А.Л. Система магнолиофитов. – Л.: Наука, 1987. – 439 с.
- 196 Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. – Л.: Наука, 1981. – 509 с.



- 197 Пронзина М.Л. Ботаническая микротехника. - М., 1960. – 280 с.
- 198 Shannon C. A. Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. - 1948. – Vol. 27. - P. 379–423.
- 199 Magurran A.E. Ecological Diversity and Its Measurement. - New Jersey: Princeton University Press, 1988.
- 200 Sheldon A.L. Equatibility indices: dependences on the species account // Ecology. - 1969. – Vol. 50. - P. 466–467.
- 201 Simpson E.H. Measurement of diversity // Nature. - 1949. – Vol. 163. – 688 p.
- 202 Малков П.Ю. Количественный анализ биологических данных: учебное пособие. - Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2009. - 71 с.
- 203 Постановление Правительства Республики Казахстан "О запрете рубок главного пользования в хвойных и саксауловых насаждениях на участках государственного лесного фонда и мерах по их сохранению" утв. 23 апреля 2004 года № 460 // Официальный сайт Правительства Республики Казахстан.
- 204 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Разнообразие типов и динамика саксаульных лесов Иле-Балхашского региона. // Вестник КазНУ. Серия экологическая. - 2014. - №2 (61). - С. 23-30.
- 205 Жагловская А.А. Динамика площадей насаждений и возрастная динамика саксаульных лесов Иле-Балхашского региона // Современные проблемы развития туризма и географии в Республике Казахстан: настоящее и будущее. - Павлодар: Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, 2013. - С. 63-70.
- 206 Леонтьев А.А. Узкополосный метод улучшения пустынных пастбищ Узбекистана посевами саксаула черного // Разработка научных основ улучшения и использования каракулеводческих пастбищ: тезисы докладов. - Ташкент: Изд-во ФАН, УзССР, 1967. - С. 56-59.
- 207 Леонтьев В.Л. Саксауловые леса пустыни Кара-Кум. - М.: Изд. Академии наук СССР, 1954. - 92 с.
- 208 Усольцев В.А., Бедарева О.М. Регрессионные модели для оценки наземной фитомассы чёрносаксаульников // Проблемы лесного хозяйства: матер. междунар. науч. конф. - Екатеринбург, 1991. - С. 25-27 .
- 209 Никитин С.А. Древесная и кустарниковая растительность пустынь СССР. - М., 1966. - 254 с.
- 210 Сычев, А. А. Особенности выращивания лесных культур саксаула черного в Южном Прибалхашье. - Алматы: Карат-Print, 2004. - 27 с.
- 211 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Возрастная динамика основных таксационных показателей и накопления биомассы саксаула черного (*Haloxylon aphyllum* Minkw.) // Вестник КазНУ. Серия экологическая. - 2014. - №3 (42). - С. 143-149.
- 212 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Анализ динамики биологической продуктивности саксаульных лесов Иле-балхашского региона // Вестник КазНУ. Серия биологическая. - 2014. - №2 (61). - С. 23-30.
- 213 Сычев А.А. Динамика урожайности и химизма пастбищной растительности песчаной пустыни Сары-Ишикотрау // Биологические

комплексы районов нового основания их рационального использования и обогащения. - М.: АН СССР, 1961. - С. 55-63.

214 Колтунова А.И., Макаренко А.А. Нормативы для таксации лесов Казахстана. - Алма-Ата: Кайнар, 1987. – 59 с..

215 Thevs N., Wucherer W., Buras A. Spatial distribution and carbon stock of the Saxaul vegetation of the winter-cold deserts of Middle Asia // *J. of Arid Environments*. - 2013. Vol. 90.- P. 29-35.

216 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Динамика продуктивности саксаульных лесов Южного Прибалхашья // Современное биоразнообразие Чарынского государственного национального природного парка и прилегающих территорий. - Алматы: 2014. - С. 210-214.

217 Zhaglovskaya A.A., Aidosova S.S., Akhtayeva N.Z., Mamurova A.T. Yesimova D.D. Anatomical and Morphological Stem Features of two Haloxylon Species (Chenopodiaceae Vent.) of Drought Stress, Kazakhstan // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. - 2015. -№ 12(3). – P. 1965-1974.

218 Шамсутдинов З.Ш., Пьянков В.И., Хамидов А.А., Шамсутдинова Э.З. Эколого-физиологический подход к идентификации внутривидовой экотипической организации аридных кормовых растений // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. Средообразующие функции кормовых растений и экосистем: сб. науч. тр. - М.:, 2014. - № 3(51). - С. 100-110.

219 Родин Л.Е. Растительность пустынь Западной Туркмении. - М.-Л, 1963. - С. 89 – 124.

220 Петров М.П. Об экологии солончакового и песчаного саксаулов // Вопросы экологии и биоценологии. - Л., 1936. - Т. 3. - С. 101 - 158.

221 Быков Б.А. О происхождении песчаной растительности Средней Азии и Казахстана // Проблемы освоения пустынь. - 1968.- № 1. - С. 34-65.

222 Lingua E., Cherubini P., Motta R., Nola P. Spatial structure along an altitudinal gradient in the Italian central Alps suggests competition and facilitation among coniferous species // *J. Veg. Sci.* - 2008. – Vol. 19. - P. 425–436.

223 Wang T., Liang Y., Ren H., Yu D., Ni J., Ma K. Age structure of *Picea schrenkiana* forest along an altitudinal gradient in the central Tianshan Mountains, northwestern China // *For. Ecol. Manage.* - 2004. – Vol. 196. – P. 267–274.

224 Wangda P., Ohsawa M. Structure and regeneration dynamics of dominant tree species along altitudinal gradient in a dry valley slopes of the Bhutan Himalaya // *For. Ecol. Manage.* - 2006. - Vol. 230. – P. 136–150.

225 Svensson J.S., Jeglum J.K. Structure and dynamics of an undisturbed old-growth Norway spruce forest on the rising Bothnian coastline // *For. Ecol. Manage.* - 2001. – Vol. 151. – P. 67–79.

226 Camarero J.J., Gutie´rrez E., Fortin M.J., Ribbens E. Spatial patterns of tree recruitment in a relict population of *Pinus uncinata*: forest expansion through stratified diffusion // *J. Biogeogr.* - 2005. – Vol. 32. – P. 1979–1992.

227 Brubaker L.B. Responses of tree populations to climatic change // *Plant Ecol.* - 1986. Vol. 67. – P. 119–130.

228 Wangda P., Ohsawa M. Structure and regeneration dynamics of dominant tree species along altitudinal gradient in a dry valley slopes of the Bhutan Himalaya // For. Ecol. Manage. - 2006. - Vol. 230. – P. 136–150.

229 Harcombe P.A. Tree life tables // Bioscience. - 1987. - Vol. 37. - P. 557–568.

230 Motta R., Nola P. Growth trends and dynamics in sub–alpine forest stands in the Varaita Valley Piedmont, Italy and their relationships with human activities and global change // J. Veg. Sci. - 2001. – Vol. 12. – P. 219–230.

231 Бижанова Г. К. Антропогенная трансформация растительности песчаных пустынь Казахстана: дис. ... докт. биол. наук. – Алматы, 1998. – 235с.

232 Mast J.N., Fule P.Z., Moore M.M., Covington W.W., Waltz A.E.M. Restoration of presettlement age structure of an Arizona ponderosa pine forest // Ecol. Appl. - 1999. - Vol. 9. – P. 228–239.

233 Nakashizuka T. Population dynamics of coniferous and broad–leaved trees in a Japanese temperate mixed forest // J. Veg. Sci. - 1991. - Vol. 2. – P. 413–418.

234 Antos J.A., Parish R. Structure and dynamics of a nearly steady–state subalpine forest in south–central British Columbia, Canada // Oecologia. - 2002. – Vol. 130. – P. 126–135.

235 Жагловская А.А. Естественная и антропогенная динамика структуры сообществ черносаксаульных лесов // Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия. - Чарльстон, Южная Каролина: Открытие, 2015. - С. 48–54.

236 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Антропогенное влияние на структуру популяций черносаксаульных лесов (*Haloxylon aphyllum* Minkw.) // Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки. - Санкт-Петербург: Открытие, 2015. - С. 170–175.

237 Dang H., Zhang Y., Zhang K., Jiang M., Zhang Q. Age structure and regeneration of subalpine fir (*Abies fargesii*) forests across an altitudinal range in the Qinling Mountains, China // For. Ecology and Management . - 2010. – Vol. 259. – P. 547–554.

238 Imani A.K., Cosmas M., Dominico B.K. The Impact of Grazing on Plant Natural Regeneration in Northern Slopes of Mount Kilimanjaro, Tanzania // Open Journal of Ecology. - 2015. – Vol. 5. – P. 266–273.

239 Stern M., Quesada M., Stoner K.E. Changes in Composition and Structure of a Tropical Dry Forest Following Intermittent Cattle Grazing // International Journal of Tropical Biology. - 2002. – Vol. 50. – P. 1021–1034.

240 McEvoy P.M., McAdam J.H., Mosquera–Losada M.R., Rigueiro–Rodríguez A. Effect of Grazing on Restoration of Endemic Dwarf Pine *Pinus culminicola* Andresen et Beaman Populations in Northeastern Mexico // Restoration Ecology. - 2006. – Vol. 13. – P. 103–107.

241 McEvoy P. M., McAdam J. H., Mosquera-Losada M. R., Rigueiro-Rodríguez A. Tree Regeneration and Sapling Damage of Pedunculate Oak *Quercus robur* in a Grazed Forest in Galicia, NW Spain: A Comparison of Continuous and Rotational Grazing Systems // Agroforestry System. – 2006. - Vol. 66. – P. 85–92.

242 Жагловская А.А., Айдосова С.С. Оценка биоразнообразия ассоциаций с доминированием саксаула черного (*Haloxylon aphyllum* Minkw.) // XVI Сатпаевские чтения. - Павлодар: Кереку, 2016. – С. 147–153.

243 Clifford H.T., Stephenson W. An Introduction to Numerical Classification. - London: Academic Press, 1975.

244 Peet R.K. The measurement of species diversity // Ann. Rev. Ecol. System. - 1974.- Vol. 5. – P. 285-307.

245 Ayappan N., Parthasarthy N. Patterns of tree diversity within a large-scale permanent plot of tropical evergreen forest, Western Ghats, India // Ecortopica. - 2001. - Vol. 7. - P. 61-76.


246 Sheil D., Ducey M.J., Sidiyasa K., Samsedin, I. A new type of sample unit for the efficient assessment of diverse tree communities in complex forest landscapes // Journal of Tropical Forest Science. – 2003. – Vol. 15(1). – P. 117-135.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.С.ТОРАЙГЫРОВА

**СОГЛАСОВАНО**

Проректор по научной работе и инновациям

 Н. Т. Ержанов  
«04» 04 2016 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по академической работе

 Ахметова  
20/6 г.

#### АКТ

о внедрении завершенной научно-исследовательской работы  
в учебный процесс

Учебно-методический совет факультета химических технологий и естествознания в составе председателя – заместителя декана по УР, доктора PhD., У.Д. Буркитбаевой и членов зав. кафедрой география и туризма, к.п.н., ассоциированного профессора Есимовой Д.Д., доктора PhD Алькеева М.А., к.г.-м.н., ассоциированного профессора Ажаева Г.С., составили настоящий акт о том, что в 2015-2016 учебном году на факультете химических технологий и естествознания, кафедры географии и туризм внедрена в учебный процесс завершенная научно-исследовательская работа докторанта PhD Жагловской А.А.

Форма внедрения (наименование нового курса, спецкурса, раздела лекций, лаб. работы, установки учебного пособия, программное обеспечение и т.д.)	Объем внедрения (кол-во работ, лекц. час)	Наименование внедрения (краткое содержание с указанием публикаций, заявок, докладов на конференциях)
<p>Результаты НИР «Естественная и антропогенная динамика саксаульных лесов Иле-Балхашского региона» внедрены в учебный процесс по специальностям: 5В090200-География.</p> <p>Дисциплина «Геоэкология». Тема № 12 «Охрана животного мира и растительности»</p> <p>Дисциплина «Геоэкология». Тема № 15 «Экономические и эколого-хозяйственные аспекты охраны природы»</p> <p>Дисциплина «Биогеография». Тема № 10 «Проблемы сохранения биологического разнообразия и</p>	110 с.	<p>Результаты научного исследования, проведенного Жагловской А.А. в ходе обучения в докторантуре внедрены в учебный процесс. Исследования предназначены для аудиторного обучения студентов специальности География, (практической направленности) и может использоваться при самостоятельной подготовке студентов к занятиям. По теме исследования имеются более 10 публикаций:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жагловская А.А., Айдосова С.С. Анализ динамики биологической продуктивности саксаульных лесов Иле-балхашского региона. Вестник КазНУ. Серия биологическая. - 2014. - №2 (61).</li> <li>2. Жагловская А.А., Айдосова С.С. Возрастная динамика основных</li> </ol>

охраны живых организмов»	<p>таксационных показателей и накопления биомассы саксаула черного (<i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw.). Вестник КазНУ. Серия экологическая. - 2014. - №3 (42).</p> <p>3. Жагловская А.А., Айдосова С.С. Антропогенное влияние на структуру популяций черносаксаульных лесов (<i>Haloxylon aphyllum</i> Minkw.). Международной научной конференции «Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки». Санкт-Петербург, 2015.</p> <p>4. Zhaglovskaya A. at all. Anatomical and Morphological Stem Features of two <i>Haloxylon</i> Species (Chenopodiaceae Vent.) of Drought Stress, Kazakhstan. Biosciences Biotechnology Research Asia. – 2015. - Vol. 12(3). 1965-1974</p>
--------------------------	---

К акту приложены: решение кафедры, оттиски статей.

Материалы к настоящему акту рассмотрены на заседании учебно-методического совета факультета химических технологий и естествознания, протокол № от «18» 03 2016 г.

Председатель комиссии  Буркитбаева У. Д.

Члены комиссии  Есимова Д. Д.

 Алькеев М. А.

 Ажаев Г. С.


Декан факультета ХТиЕ  Ахметов К.К.

«29» 03 2016 г.

Начальник отдела научных исследований и коммерциализации

 Крыкбаева М.С.

Начальник Учебно-методического отдела

 Темиргалиева А. Б.



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы  
«Естественная и антропогенная динамика саксаульных лесов  
Иле-Балхашского региона»

Наименование учреждения, где внедряется работа: Баканасское коммунальное учреждение лесного хозяйства, Управления природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Алматинской области Комитета лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан.

Наименование предложения: Модели биомассы, годичного прироста биомассы черносаксаульных лесов.

Работа выполнена в инициативном порядке при подготовке докторской диссертации (PhD) совместно с Грайфсвальдским университетом им. Эрнста Морица Арндта (Германия).

Эффективность внедрения: научно-производственная.

Предложения, замечания учреждения, осуществляющего внедрение: полученные расчеты годичного прироста биомассы саксаула черного используются в производственной деятельности Баканасского государственного учреждения лесного хозяйства.

Сроки внедрения: март 2011

Директор учреждения



А.С. Нурханов

Исполнитель

*А.А. Жагловская*

А.А. Жагловская