

УДК 630*52(574.51)

А.А. Жагловская*, С.С. Айдосова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Республика Казахстан, г. Алматы

*E-mail: alina03.09@mail.ru

**Анализ динамики биологической продуктивности
саксаульных лесов Иле-Балхашского региона**

В статье приводятся результаты исследования биологической продуктивности саксаульных лесов Иле-Балхашского региона. Проанализирована возрастная динамика биомассы дерева саксаула черного при различных условиях залегания грунтовых вод. Изменения биомассы при уровне грунтовых вод 3-4 м идет по линейной зависимости. Изменения биомассы при уровне грунтовых вод 5-6 м идет по экспоненциальной зависимости. С увеличением возраста саксаула соответственно увеличивается биомасса. Однако биомасса саксаула, произрастающего в условиях близкого залегания грунтовых вод выше. Выявлено положительное влияние близкого залегания подземных вод для ежегодного прироста биомассы лесных экосистем. На основе изменения биологической продуктивности, ежегодного прироста биомассы, а также различных условий произрастания саксаульных лесов предложены рекомендации по ведению лесного хозяйства, адаптированные для Иле-Балхашского региона. На территории региона было выделено 3 района: лесохозяйственно-мелиоративный, лесомелиоративно-хозяйственный и лесомелиоративный.

Ключевые слова: биологическая продуктивность, саксаул, возрастная динамика, биомасса, лесное хозяйство.

A.A. Zhaglovskaya, S.S. Aidosova

**Analysis of the dynamics of biological productivity
of saxaul forests in Ile-Balkhash region**

The paper presents the study of the biological productivity of saxaul forests of Ile-Balkhash region. There are analyzed the age dynamics of biomass of a tree of black saxaul under various conditions of groundwater. Biomass changes at the level of groundwater 3-4 m is a linear relationship. Biomass changes at the level of groundwater 5-6 m is an exponential dependence. With increasing age, increasing biomass, respectively. However, saxaul biomass grown under high ground water table above. Revealed the positive effect of close groundwater to the annual increase of biomass in forest ecosystem.. On the basis of changes in biological productivity, the annual increase in biomass, as well as a variety of growing conditions of saxaul forests given the recommendations on forest management adapted to the Ile-Balkhash region. The region has been allocated 3 areas: forestry reclamation, , agroforestry economic and agroforestry.

Key words: Biological productivity, saxaul, age dynamics, biomass, forestry.

А.А. Жагловская, С.С. Айдосова

**Иле-Балқаш өңіріндегі сексеуіл орманының биологиялық өнімділігінің
динамикасын талдау**

Бұл мақалада Иле-Балқаш өңіріндегі сексеуіл орманының биологиялық өнімін зерттеу қарастырылды. Жерасты сулары деңгейінің әртүрлі жағдайындағы қара сексеуіл ағашының биомасса өсу динамикасы талданды. Жерасты суларының 3-4 метр деңгейде болғанда биомассаның өзгерісі линейлі тәуелділік бойынша жүреді. Жерасты суларының 5-6 метр деңгейде болғанда биомассаның өзгерісі экспоненциалды тәуелділік бойынша жүреді. Жасы өскен сайын биомасса да өседі. Бірақ жерасты суларының жақын деңгейінде өсетін сексеуілдің биомассасы әлдеқайда жоғары. Орман экожүйелері биомассасының жыл сайын өсуі үшін жерасты суларының жақын деңгейінің жағымды

ықпалы анықталды. Биологиялық өнімнің өзгеру негізінде жыл сайын биомассаның, сондай-ақ сексеуіл орманының түрлі жағдайларда өсуі Іле-Балқаш өңіріне сәйкес келетін орман шаруашылығын жүргізу үшін ұсыныстар жасалды. Зерттеу аймағында 3 аудан анықталған: орман шаруашылықты мелиоративті, орман мелиоративті-шаруашылықты және орман мелиоративті.

Түйін сөздер: биологиялық өнім, сексеуіл, өсу динамикасы, биомасса, орман шаруашылығы.

Лесные сообщества играют главную роль в глобальных потоках веществ и энергии, являясь главными накопителями биомассы в биосфере. Биологическая продуктивность – фундаментальное свойство биосферы, означающее способность живого вещества воспроизводить биомассу и образовывать тем самым биотический покров [1].

Оценка биологической продуктивности лесов является одной из наиболее приоритетных задач лесоведения. Особенно актуальной эта проблема стала после принятия Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (1992) и Киотского протокола (1997), согласно которым мировое сообщество связывает возможность стабилизации климата с повышением продукционного потенциала растительного покрова, в первую очередь, планетарных лесов. Это позволяет использовать биологическую продуктивность как показатель состояния лесных экосистем, и дает исследователям еще один инструмент для определения пределов давления на лесные экосистемы, за которыми возможна их необратимая деградация [2].

Основной лесообразующей породой лесов Казахстана является саксаул, произрастающий в пустынных экосистемах. Саксаул (*Haloxylon*) представлен 3 видами: черный саксаул (*Haloxylon aphyllum* Minkw), белый саксаул (*Haloxylon persicum* Bng.) и саксаул зайсанский (*Haloxylon ammodendron* (C.A. Mey.) Bunge). В качестве объекта исследования были использованы насаждения саксаула черного, саксаула белого, т.к. данные культуры произрастают на территории Иле-Балхашского региона, а ареал саксаула зайсанского находится в Восточном Казахстане [3].

В связи с антропогенным влиянием, на сегодняшний день только 25% от потенциальной площади распространения саксаула установлены в Казахстане. Около трех четвертей потенциального распространения саксаульных лесов были уничтожены или деградировали по сравнению с потенциальной площадью распространения [4].

В связи с этим возникла необходимость проведения постоянного мониторинга за состоянием пустынных экосистем, прослеживания

ситуации по естественному возобновлению саксаульников на всей территории, для того, чтобы предложить действенные и рациональные меры по дальнейшему управлению лесным хозяйством до тех пор, пока действует мораторий на вырубку саксаула. В настоящее время в лесхозах используются методы визуального осмотра саксаульников работниками лесхоза, такие проверки проводятся систематически. Они направлены на выявление нарушений моратория, а также на мониторинг за состоянием лесного фонда (наличие перестойных, больных насаждений, гарей и валежника) [5]. Однако, для проведения полноценного мониторинга за состоянием лесов необходимы наблюдения за основными параметрами лесных экосистем: оценка продуктивности древостоя, количественно оцениваемое по её результату – главным образом, по годичной биологической продукции.

Подобные исследования проводились в Казахстане, на основе таксационных данных были составлены таблицы наземной биомассы белого и черного саксаула [6], далее были дополнены другими авторами [7]. Однако, исследования по ежегодному приросту биомассы не были достаточно изучены. А также до настоящего момента не разработаны методы исследования саксаульных лесов по данным спутниковых снимков.

В настоящее время исследования биопродуктивности и накопления фитомассы как отправной точки для изучения депонирования углерода в лесных экосистемах ведется как отдельными учеными, так и в рамках многочисленных национальных и международных проектов.

Целью исследования является оценка продуктивности, динамики накопления биомассы саксаульных лесов Иле-Балхашского региона и разработка рекомендаций по ведению лесного хозяйства в условиях пустынных лесов.

Материалы и методы

Исследования проводились на территории Иле-Балхашского региона, расположенного в пределах Алматинской области, занимающего Балхаш-Алакольский гидроэкологический район.

Закладка пробных площадей, все работы по отбору, обмеру и обработке учетных деревьев проводились в соответствии с методом PSQ (Point Centered Quarter method) [8].

Измерялись следующие таксационные показатели:

- высота;
- диаметр кроны;
- диаметр корневой шейки;
- возраст дерева, а также расстояние между деревьями.

В таблице 1 представлены данные, собранные в ходе полевых работ на всех 6 участках. Уровень грунтовых вод на участках представлен следующими глубинами: 3,7–6 м. Выбранные деревья отражают все разнообразие таксационных показателей. Так, по возрасту насаждений можно выделить широкий диапазон, исследовались деревья от 3-хлетнего возраста до 25 лет. В трансектах I-III насаждения представлены более

молодыми особями саксаула черного: средний возраст составляет 15-18 лет, при минимальном значении – 3 года. Также в данных трансектах наблюдалось хорошее возобновление и подрост молодого саксаула. Саксаул черный в трансектах IV-VI представлен спелыми насаждениями, в возрасте 20-25 лет. Соответственно, изменялись и другие таксационные показатели: диаметр корневой шейки варьирует от 2 см до 18 см, высота от 0,5 м до 2,6 м, диаметр кроны от 0,5 м до 2,4 м.

Биомасса была высчитана по формулам определения наземной биомассы саксаула черного [9]:

$$B_{above} = b \times H^x \times BA^y \times CA^z,$$

где H – высота, м; BA – диаметр корневой шейки, см; CA – диаметр кроны, м; x, y, z – коэффициенты уравнения.

Таблица 1 – Основные показатели измерений саксаула черного

ПП	Возраст, лет			Диаметр корневой шейки, см			Высота, м			Диаметр кроны, м		
	max	min	средняя	max	min	средняя	max	min	средняя	max	min	aver
I	15	3	9,7±3,4	14	2	6,6±3,1	2,1	0,5	1,3±0,3	2,2	0,5	1,3±0,5
II	18	5	10,1±3,7	15	2	7,5±3,2	2,2	0,7	1,6±0,4	2,2	0,5	1,4±0,4
III	15	5	8,7±2,3	14	2	6,7±2,4	2,6	0,6	1,4±0,3	1,9	0,5	1,2±0,3
IV	20	10	15,7±3,4	16	6	11,9±2,9	2,2	1,3	1,9±0,2	2,3	1,3	1,9±0,3
V	25	10	15,8±4,3	14	4	10,5±2,5	2	1	1,7±0,2	2,2	0,8	1,6±0,3
VI	25	12	17,7±3,7	18	8	12,6±2,7	2,3	1,2	1,9±0,2	2,4	1,4	1,9±0,2

Прирост биомассы рассчитывался по формуле [10]:

$$Z = T_A - T_{A-1},$$

где Z – текущий прирост; T – таксационный показатель; A – возраст.

Результаты и их обсуждение

Результаты исследований свидетельствуют, что на формирование надземной биомассы деревьев влияет возраст (R^2 изменяется от 0,618 до 0,9). В результате моделирования была получена возрастная динамика изменения биомассы саксаула черного в зависимости от уровня грунтовых вод.

Изменения биомассы при уровне грунтовых вод 3-4 м (рисунок 1) идет по линейной зависимости. Изменения биомассы при уровне грунтовых вод 5-6 м (рисунок 2) идет по экспоненциальной зависимости. С увеличением возраста соответственно увеличивается биомасса. Однако, биомасса саксаула, произрастающего в условиях близкого залегания грунтовых вод, выше.

Так, биомасса деревьев в возрасте 10 лет при уровне грунтовых вод 3-4 м составляет 12 кг, а при УГВ 5-6 м – 10 кг. Средняя разница биомассы составляет 1,5-2 кг.

Изменяющаяся зависимость (линейная переходящая в экспоненциальную) связана с биологической особенностью саксаула черного. На графике видно, что биомасса и возраст саксау-

ла находятся в линейной зависимости и быстрое увеличение биомассы происходит примерно до 20 лет. Затем характер прямой зависимости приобретает экспоненциальное направление и происходит более медленное накопление биомассы. Интерес дальнейших исследований состоит в установлении возраста прекращения накопления биомассы саксаулом черным и определения стратегии управления саксаульными лесами.

В результате полученных моделей определения биомассы, а также установления ее зави-

симости от возраста, мы определили ежегодный прирост биомассы дерева саксаула черного.

Таким образом, был вычислен годичный прирост дерева саксаула черного в зависимости от возраста и биомассы. На основе полученных данных был построен график соотношения биомассы к приросту биомассы (рисунок 3). Этот показатель является основным при определении биологической продуктивности лесов [11] и характеризует скорость обновления органического вещества биомассы.

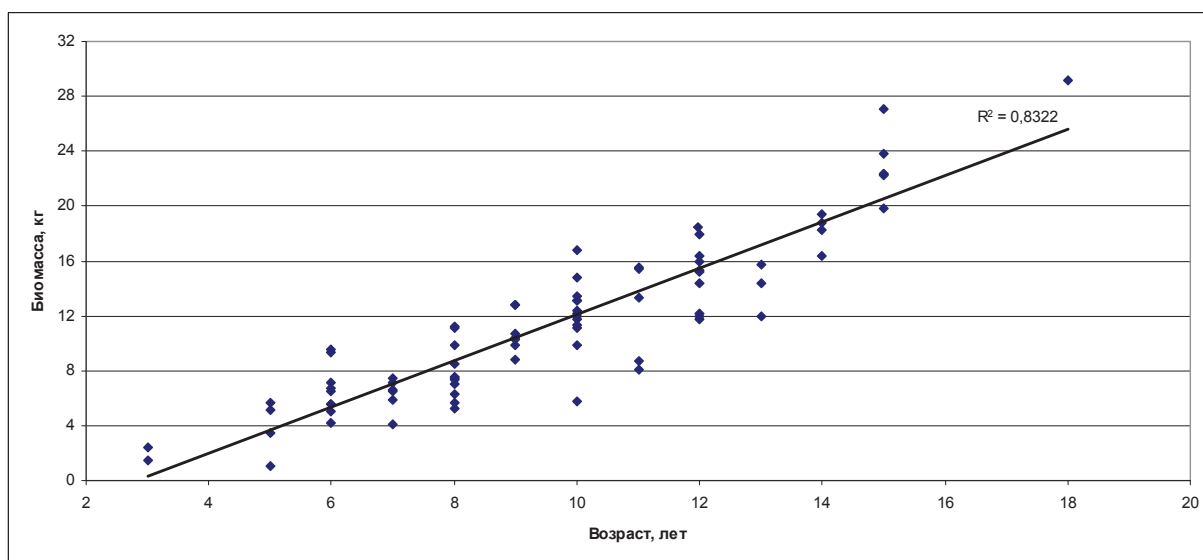


Рисунок 1 – Возрастная динамика биомассы черного саксаула при уровне грунтовых вод 3-4 м

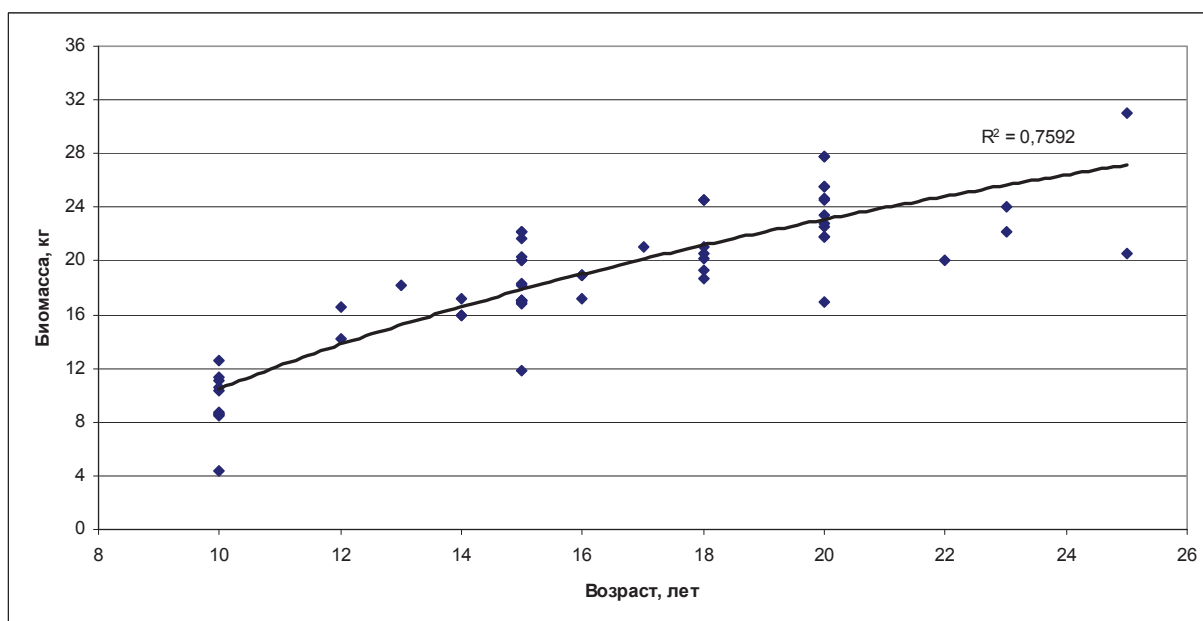


Рисунок 2 – Возрастная динамика биомассы черного саксаула при уровне грунтовых вод 5-6 м

На графике представлена экспоненциальная зависимость биомассы и прироста. Однако ученые, исследующие прирост биомассы [12], определяют эту зависимость асимптотической кривой: надземная биомасса нарастает и достигает пика при определенном приросте биомассы, затем выходит на плато и далее постепенно снижается. В наших исследованиях должна также наблюдаться такая тенденция, однако, вследствие недостаточности данных мы наблюдаем увеличение биомассы до 4 кг в год, с отклонениями 6,5 кг в год в возрасте 28-30 лет. Возможно, это и есть уровень плато и в дальнейшем прирост биомассы снижается.

Так как средний возраст саксаула черного в исследуемых трансектах составляет 15-18 лет, мы наглядно представили прирост биомассы в этом возрасте. На графике видно, что годовой прирост биомассы закономерно снижается при

увеличении уровня грунтовых вод и составляет 4,19 кг при УГВ 3 м и 0,51 кг при 9 м. Причем, при увеличении глубины грунтовых вод замедляется рост в высоту и идет прирост биомассы по кроне. На территории с близким залеганием грунтовых вод наблюдается увеличение высоты древостоя, с узкой кроной.

По регламенту, принятому в учреждениях лесного хозяйства Казахстана (Баканасский лесхоз), возраст рубок саксаула черного составляет 25-30 лет, до введения запрета на все виды рубок в саксауловых насаждениях [13].

Так, при существующем управлении лесными ресурсами рубки проводились при достижении древостоя саксаула черного естественной спелости (по нормативам 25-30 лет). Однако, с точки зрения экологической и мелиоративной функции рассматриваемых лесов, принятая градация не соответствует «защитной спелости леса» [14].

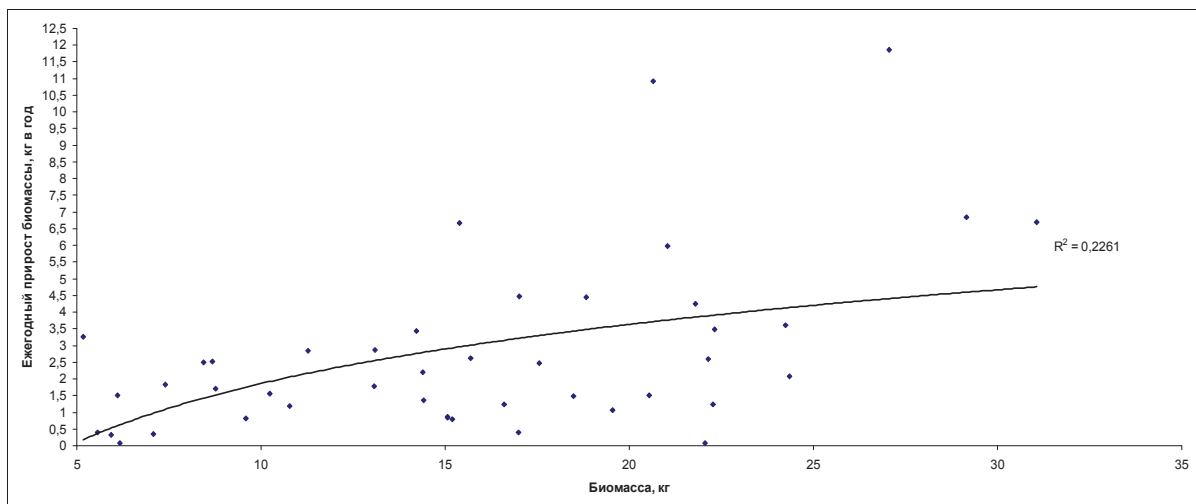


Рисунок 3 – Зависимость прироста биомассы от наземной биомассы в насаждениях *H. aphyllum* Иле-Балхашского региона

Саксаульные леса Казахстана выполняют огромную лесомелиоративную функцию [15]. К основным защитным функциям относятся: укрепление песка, уменьшение засоленности почвы, формирование микроклимата для произрастания сопутствующих видов растений и обитания животных [16]. Наибольшая защитная функция наблюдается при интенсивном накоплении общей биомассы. Таким образом, основная задача лесного хозяйства состоит в увеличении количества древостоев в возрасте наибольшего прироста биомассы.

Управление саксаульными лесами, в силу их защитной функции, направлено на проведение

лесомелиоративных хозяйственных мероприятий. На данный момент на территории Иле-Балхашского региона запрещена какая-либо деятельность, направленная на вырубку саксаула. Однако данное постановление будет действовать до 2018 года. Необходимо разработать систему управления саксаульными лесами с учетом дифференцированного подхода направлений лесного хозяйства при выделении районов.

В результате проведенных нами исследований выявлено, что биомасса и соответственно прирост биомассы закономерно уменьшаются при увеличении уровня грунтовых вод. Та-

ким образом, данный показатель является решающим в лесорастительном районировании саксаульных лесов. На территории Иле-Балхашского региона нами было выделено 3 района (использованы названия районов по Токмурзину, 1982).

1. Лесохозяйственно-мелиоративный район. Данный район охватывает территории равнины от основного русла р. Иле, которое затем делится на многочисленные сухие русла (Нарын-баканас, Кара-баканас, Шет-баканас и др.). Около 40-45% Баканасской равнины занято бугристыми и грядовыми песками с высотой гряд от 3 до 10 м, которые чередуются с межгрядовыми равнинами различной ширины. Почвы представлены суглинистыми песками. Произрастает тугайная растительность: *Salix songarica* And., *S. Caspica* Pale., *Elaeagnus oxycarpa* Schltld. и др. Грунтовые воды залегают на глубине 2-3 м, слабоминерализованы [17, 18].

В данном районе саксаульные леса широко распространены и имеют высокую биомассу и годовой прирост. Лесистость данной территории оптимальна и управление лесами должно быть направлено на повышение продуктивности существующих лесов, а не на увеличение площади. Здесь можно проводить санитарные рубки, рубки ухода, избавление от валежника, больных деревьев и мероприятия по созданию условий для семенного восстановления. При проведении сплошных рубок может происходить смена пород и лесохозяйственные работы необходимо проводить с учетом межвидовых взаимосвязей [14].

2. Лесомелиоративно-хозяйственный район. Район представляет собой надпойменную террасу р. Иле, шириной несколько километров. Почвы супесчаные или суглинистые. На второй террасе произрастают *Halimodendron halodendron* Voss, *Tamarix ramosissima* L., *Populus diversifolia* Shc. и др. Грунтовые воды – 3-5 м, слабой минерализации [17, 18].

Саксаульные леса на данной территории обретают все более мелиоративное значение. Биомасса остается высокой, наблюдается хорошее возобновление, однако, сокращаются площади лесов. Управление лесным хозяйством должно иметь лесокультурное направление. Необходимо интенсивное создание лесных культур, оптимальной возрастной структуры лесов и т.д. В данном районе можно проводить защитные рубки ухода, начиная с 25-30 лет.

3. Лесомелиоративный район. Район представляет собой древнюю террасу, шириной несколько десятков километров. Такыровидные почвы с солончаками, солонцами и такырами. Растительность такыровидных древне-аллювиальных равнин состоит в основном из *Astragalus paucijugus* Mey., *Ammodendron argenteum* (Pall.) Kryl., *Calligonum aphyllum* Pail. и др. Грунтовые воды – 6-15 м, местами сильно минерализованы [17,18]. Лесорастительные условия данного района очень экстремальные. В силу большой глубины залегания грунтовых вод саксаульные леса имеют плохое естественное возобновление. Необходимо проведение мероприятий по увеличению площадей распространения саксаула черного, а также мер, направленных на повышение продуктивности лесов. Рекомендуются добровольно-выборочные вырубki, в рамках которых вырубаются большие и перестойные деревья только при наличии жизнеспособного подростa [14]. Также можно проводить рубки ухода.

Таким образом, при выборе методов управления лесного хозяйства необходимо руководствоваться индивидуальными особенностями саксаульных лесов, лесорастительных районов, структурой и составом древостоев. В качестве основного показателя необходимо учитывать биомассу и годичный прирост биомассы как основную характеристику биологической продуктивности лесов и скорости обновления органического вещества.

Литература

- 1 Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
- 2 Накай Н.В. Распределение запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесов Республики Коми: дис. ... канд. с/х наук: 06.03.02. – Екатеринбург, 2011. – 211 с.
- 3 Ротов Р.А. Биолого-морфологические особенности многолетних растений пустыни. – М.: Наука, 1969.
- 4 Нильс Т., Вухерер В. и Бурас А. Пространственное распределение и запасы углерода саксаула в холодной пустынях Средней Азии // Журнал аридной среды обитания. – 2013. – №90. – С. 29-35.
- 5 Жагловская А., Айдосова С. Разнообразие типов и динамика саксаульных лесов Иле-Балхашского региона // Вестник КазНУ. Серия экологическая. – 2014. – №2 (41). – С. 78-88.

- 6 Лагунов П.М. Оценка фитомассы саксауловых лесов Казахстана / П.М. Лагунов, Б.Е. Харитонов, В. А. Усольцев // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 1986. – № 8. – С. 72 – 77.
- 7 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.
- 8 Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg, 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York: Wiley & Sons, pp: 215.
- 9 Бурас А., Вухерер В., Зербе С. и др. Аллометрическая вариабельность саксаула в Центральной Азии // Экология леса и управление. – 2012. – №274. – С. 1-9.
- 10 Загребев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалева А.Т. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
- 11 Усольцев В.А., География удельной первичной продукции фитомассы лесов и неопределенности ее оценки и интерпретации // Эко-потенциал. – 1 (5). 2014. С. 139-163.
- 12 Keeling H.C., Phillips O.L. The global relationship between forest productivity and biomass // Global Ecology and Biogeography. – 2007. – Vol. 16. – P. 618-631.
- 13 Годовые отчеты Баканасского государственного учреждения лесного хозяйства Управление природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Алматинской области Комитета лесного и охотничьего хозяйства Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. – Баканас, 1978-2013.
- 14 Токмурзин Т.Х. Организация хозяйства в защитных лесах, специализация и концентрация лесохозяйственного производства (на примере Казахской ССР). 06.03.02 – лесоводство и лесная таксация: дис. на соискание уч.ст. доктора с/х наук. – Алма-Ата, 1982. – 391 с.
- 15 Шамсутдинов З.Ш., Убайдуллаев Ш.Р., Шамсутдинов Н.З. Средаобразующая роль галофитов и ее роль в повышении продуктивности аридных пастбищных систем // Сборник научных трудов. – № 3(51). Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: Средаобразующие функции кормовых растений и экосистем. – М., 2014. – С. 85-98.
- 16 Marland, G., Pielke Sr., R.A., Apps, M., Avissar, R., Betts, R.A., Davis, K.J., Frumhoff, P.C., Jackson, S.T., Joyce, L.A., Kauppi, P., Katzenberger, J., MacDicken, K.G., Neilson, R.P., Niles, J.O., Niyogi, D.S., Norby, R.J., Pena, N., Sampson, N., Xue, Y., 2003. The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate change mitigation policy. Climate policy 3, 149–157.
- 17 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.
- 18 Рыбин Н.Г. Природные условия Южного Прибалхашья / Н.Г. Рыбин // Известия АН КазССР. Сер. Геология. 1948. – Вып. 1. № 57. – С. 82 – 85.

References

- 1 Bazilevich N.I. Biologicheskaja produktivnost' jekosistem Severnoj Evrazii. M.: Nauka, 1993. – 293 s.
- 2 Nakaj N.V. Raspredelenie zapasov i godichnogo deponirovanija ugleroda v fitomasse lesov Respbliki Komi: dis. ... kand. s/h nauk: 06.03.02. – Ekaterinburg, 2011. – 211 s.
- 3 Rotov R.A. Biologo-morfologicheskie osobennosti mnogoletnih rastenij pustyni. – M.: Nauka, 1969.
- 4 Nil's T., Vuherer V. i Buras A. Prostranstvennoe raspredelenie i zapasy ugleroda saksaula v holodnoj pustynjah Srednej Azii // Zhurnal aridnoj sredy obitanija. – 2013. – №90. – S. 29-35.
- 5 Zhaglovskaja A., Ajdosova S. Raznoobrazie tipov i dinamika saksaul'nyh lesov Ile-Balhashskogo regiona // Vestnik KazNU. Serija jekologicheskaja. – 2014. – №2 (41). – S. 78-88.
- 6 Lagunov P.M. Ocenka fitomassy saksaulovyh lesov Kazahstana / P.M. Lagunov, B.E. Haritonov, V.A. Usol'cev // Vestnik sel'skohozjajstvennoj nauki Kazahstana. 1986. – № 8. – S. 72 – 77.
- 7 Bedareva O.M. Jekosistemy srednih pustyn' Kazahstana i ih inventarizacija metodami distancionnogo zondirovanija: dis. ... d-r. biol. nauk: 03.00.16. – Kaliningrad, 2009. – 372 s.
- 8 Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg, 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. New York: Wiley & Sons, pp: 215.
- 9 Buras A., Vuherer V., Zerbe S. i dr. Allometricheskaja variabel'nost' saksaula v Central'noj Azii // Jekologija lesa i upravlenie. – 2012. – №274. – S. 1-9.
- 10 Zagreev V.V., Suhij V.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.T.. – M.: Kolos, 1992. – 495 s.
- 11 Usol'cev V.A., 2014. Geografija udel'noj pervichnoj produkcii fitomassy lesov i neopredelennosti ee ocnki i interpretacii. Jeko-potencial, 1 (5): 139-163.
- 12 Keeling H.C., Phillips O.L. The global relationship between forest productivity and biomass // Global Ecology and Biogeography. 2007. Vol. 16. P. 618-631.
- 13 Godovye otchety Bakanasskogo gosudarstvennogo uchrezhdenija lesnogo hozjajstva Upravlenie prirodnyh resursov i regulirovanija prirodnopol'zovanija akimata Almatinskoy oblasti Komiteta lesnogo i ohotnich'ego hozjajstva Ministerstva sel'skogo hozjajstva Respubliki Kazahstan. – Bakanas, 1978-2013.
- 14 Tokmurzin T.H. Organizacija hozjajstva v zashitnyh lesah, specializacija i koncentracija lesohozjajstvennogo proizvodstva (na primere Kazahskoj SSR). 06.03.02 – lesovodstvo i lesnaja taksacija. Dis. Na soiskanie uch.st. doktora s/h nauk, Alma-ata, 1982. 391 s.

- 15 Shamsutdinov Z.Sh., Ubajdullaev Sh.R., Shamsutdinov N.Z. Sredoobrazujushhaja rol' galofitov i ee rol' v povyshenii produktivnosti aridnyh pastbishnyh sistem // Sbornik nauchnyh trudov № 3(51). Mnogofunktional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: Sredoobrazujushhie funkcii kormovyh rastenij i jekosistem. – M.: 2014. – S. 85-98.
- 16 Marland, G., Pielke Sr., R.A., Apps, M., Avissar, R., Betts, R.A., Davis, K.J., Frumhoff, P.C., Jackson, S.T., Joyce, L.A., Kauppi, P., Katzenberger, J., MacDicken, K.G., Neilson, R.P., Niles, J.O., Niyogi, D.S., Norby, R.J., Pena, N., Sampson, N., Xue, Y., 2003. The climatic impacts of land surface change and carbon management, and the implications for climate change mitigation policy. *Climate policy* 3, 149–157.
- 17 Sychev A.A. Dinamika urozhajnosti i himizma pastbishnoj rastitel'nosti peschanoj pustyni Sary-Ishikotrau // Biologicheskie komplekсы rajonov novogo osnovanija ih racional'nogo ispol'zovanija i obogashhenija. – M.: AN SSSR, 1961. – S. 55-63.
- 18 Rybin N.G. Prirodnye uslovija Juzhnogo Pribalhash'ja / N.G. Rybin // *Izvestija AN KazSSR. Ser. Geologija*. 1948. – Vyp. 1. № 57. – S. 82 – 85.