

Тұрғын Данияр Нұрбекұлы – Материалдар, металдар, жартылай фабрикаттар мен бұйымдарды бақылаушы, «Аеромашхолдинг КЗ» АҚ, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Промышленная к-сі, 41/2, тел.: +7-707-627-20-00, e-mail: turgynd@list.ru.

Кравченко Руслан Иванович – доктор философии (PhD), и.о. заведующего кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, пр. Абая, 28, корпус 3, тел.: +7-702-929-85-76, e-mail: ruslan_kravchenko_15@mail.ru.

Амантаев Максат Амантаевич – доктор философии (PhD), и.о. ассоциированного профессора кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, мкрн. Аэропорт, дом 39, тел.: +7-775-142-99-21, e-mail: amantaevmaxat.kz@mail.ru.

Золотухин Евгений Александрович* – доктор философии (PhD), и.о. ассоциированного профессора кафедры аграрной техники и транспорта, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, мкр. Аэропорт, дом 45, тел.: +7-777-139-07-47, e-mail: zolutukhine17@mail.ru.

Тұрғын Данияр Нұрбекұлы – АО «Аеромашхолдинг КЗ», контролер материалов, металлов, полуфабрикатов и изделий, Республика Казахстан, 110000, г. Костанай, ул. Промышленная 41/2, тел.: +7-707-627-20-00, e-mail: turgynd@list.ru.

МРНТИ: 68.47.94:

УДК 574.031.623.22(574)(045)

https://doi.org/10.52269/22266070_2024_4_114

АДАПТИВНЫЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ИВЫ БЕЛОЙ (*SALIX ALBA L.*), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В ПОЙМЕ РЕКИ БУХТАРМА КАТОН-КАРАГАЙСКОГО ГНПП

Курмангожинов А.Ж.* – PhD доктор естественных наук, и.о. ассоциированный профессор кафедры лесные ресурсы и лесное хозяйство, «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Жумадилов Б.З. – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры экологии, «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

Гомер В.Я. – магистрант, «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан.

В статье рассмотрены адаптивные морфологические реакции ивы белой (*Salix alba L.*), произрастающей в Катон-Карагайском государственном национальном природном парке. В Катон-Карагайском государственном национальном природном парке (ГНПП), были проведены исследования лесных экосистем на пробных площадях общей площадью 5,9 га. В состав древостоя первого яруса входят ива белая (*Salix alba L.*) и берёза бородавчатая (*Betula pendula*), со средним диаметром ствола 16,1 см и средней высотой 4,3 м. Ива белая в данном районе оценивается как "здоровая" с индексом относительного жизненного состояния (ОЖС) 87,5%. Содержание хлорофилла, а в листьях варьирует от 0,55 до 0,6 мг/г сырой массы, хлорофилла b – от 0,11 до 0,14 мг/г, каротиноидов – от 0,13 до 0,14 мг/г. Почвенные условия характеризуются высоким содержанием подвижных элементов питания в горизонте. А: щелочногидролизуемого азота 99,13 мг/кг, подвижных соединений фосфора 22,7 мг/кг и обменного калия 160,8 мг/кг. Реакция почвенной среды преимущественно нейтральная pH 6,76, содержание гумуса в верхнем горизонте 5,41 %. Данные исследования подтверждают высокое биологическое состояние древостоя и почвы в пойме реки Бухтарма, что является важным для дальнейшего мониторинга и сохранения этих экосистем.

Ключевые слова: пойменные леса, Ива белая, жизненное состояние, хлорофилл, Катон-Карагайский ГНПП.

КАТОН-ҚАРАҒАЙ МҰТС БҰҚТЫРМА ӨЗЕНІНІҢ ЖАЙЫЛМАСЫНДА ӨСЕТІН АҚ ТАЛДЫҢ (*SALIX ALBA L.*) МОРФОЛОГИЯЛЫҚ БЕЙІМДЕЛУ РЕАКЦИЯЛАРЫ

Курмангожинов А.Ж.* – жаратылыстану ғылымдарының PhD докторы, орман ресурстары және орман шаруашылығы кафедрасы қауымдастырылған профессорының м.а., «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Жумадилов Б.З. – биология ғылымдарының кандидаты, экология кафедрасы аға оқытушы, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Гомер В.Я. – магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада Катон-Қарағай мемлекеттік ұлттық табиғи саябағы аумағындағы өсетін ақ талдың (*Salix alba L.*) бейімделіш морфологиялық реакциялары қарастырылған. Катон-Қарағай мемлекеттік ұлттық табиғи саябағында (МҰТС), жалпы ауданы 5,9 га болатын сынақ алаңдарында орман экожүйелеріне зерттеулер жүргізілді. Бірінші қабаттағы ағаш жамылғысының құрамына ақ тал (*Salix alba L.*) және ілгек жапырақты қайың (*Betula pendula*) кіреді, олардың орташа дің диаметрі 16,1 см, орташа биіктігі 4,3 м. Аталған аймақтағы ақ талдың өміршеңдік жағдайы «сау» деп бағаланады, салыстырмалы өміршеңдік индексі (СӨИ) 87,5%-ды құрайды. Жапырақтардағы а хлорофилл мөлшері 0,55-тен 0,6 мг/г шикі массаға дейін, b хлорофилл – 0,11-ден 0,14 мг/г

дейін, каротиноидтар – 0,13-тен 0,14 мг/г дейін ауытқиды. Топырақ жағдайлары А горизонтындағы жылжымалы қоректік элементтердің жоғары мөлшерімен сипатталады: сілтілі гидролизделетін азот 99,13 мг/кг, жылжымалы фосфор қосылыстары 22,7 мг/кг және алмасу калийі 160,8 мг/кг). Топырақ ортасының реакциясы негізінен бейтарап рН 6,76, ал жоғарғы қабатындағы гумус мөлшері 5,41 %. Зерттеу нәтижелері Бұқтырма өзені жайылмасындағы орман жамылғылары мен топырақтың жоғары биоэкологиялық жағдайын растайды, бұл экожүйелердің одан әрі мониторингі мен сақталуы үшін маңызды болып табылады.

Түйінді сөздер: жайылма ормандар, ақ тал, өміршеңдік жағдайы, хлорофилл, Катон-қарағай мемлекеттік ұлттық табиғи қоры.

ADAPTIVE MORPHOLOGICAL RESPONSES OF WHITE WILLOW (*SALIX ALBA* L.) GROWING IN THE FLOODPLAIN OF THE BUKHTARMA RIVER IN THE KATON-KARAGAY STATE NATIONAL NATURAL PARK

Kurmangozhinov A.Zh.* – PhD, Doctor of Natural Sciences, acting Associate Professor of the Department of forest resources and forestry, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan.

Zhumadilov B.Z. – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of ecology, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan.

Gomer V.Ya. – Master student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Astana, Republic of Kazakhstan.

The article reviews the adaptive morphological responses of white willow (*Salix alba* L.) growing in the floodplain in the Katon-Karagay State National Natural Park (SNNP). In the Katon-Karagay SNNP, studies of forest ecosystems were conducted on sample plots with a total area of 5.9 hectares.

The first layer of the stand includes white willow (*Salix alba* L.) and silver birch (*Betula pendula*), with an average trunk diameter of 16.1 cm and an average height of 4.3 m. In this region, white willow is assessed as "healthy," with a relative vitality index (RVI) of 87.5%. The chlorophyll a content in the leaves ranges from 0.55 to 0.6 mg/g of wet weight, chlorophyll b from 0.11 to 0.14 mg/g, and carotenoids from 0.13 to 0.14 mg/g. Soil conditions are characterized by a high content of available nutrients in the A horizon: A: alkali-hydrolyzable nitrogen 99.13 mg/kg, available phosphorus compounds 22.7 mg/kg, and exchangeable potassium 160.8 mg/kg. The soil environment is predominantly neutral pH 6.76, humus content in the upper horizon is 5.41 %. The research data confirm the high bioecological condition of the stands and soils in the Bukhtarma River floodplain, which is important for the continued monitoring and preservation of these ecosystems.

Key words: floodplain forests, white willow, silver birch, chlorophyll, Katon-Karagay State National Nature Park.

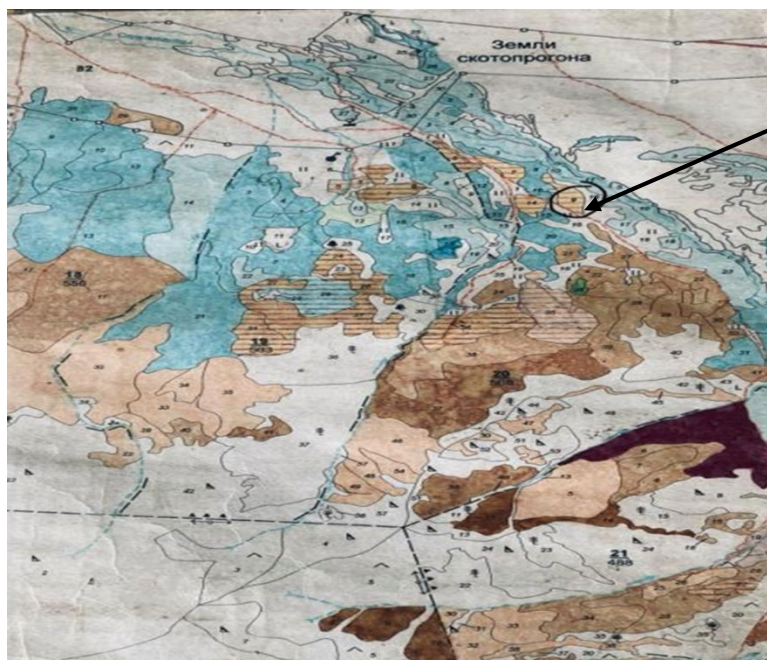
Введение. В настоящее время лесные ресурсы являются важнейшим видом природных ресурсов. Пойменные леса выполняют важные светозащитные функции. В экстремальных условиях произрастания роль пойменных лесов в защите окружающей среды возрастает [1, 2]. Несмотря на то, что вопросам изучения устойчивости древесных растений к действию различных факторов посвящено большое количество работ, не до конца изучены адаптационные реакции древесных растений, произрастающих в пойменных условиях [3, 4]. Эколого-биологическая оценка помогает определить состояние деревьев на определенной территории. Ива белая произрастает вблизи водоемов и является индикатором чистого воздуха. Благодаря исследованию мы сможем оценить состояние Ивы, произрастающей в условиях Катон-Карагайского ГНПП. Актуальность исследования на выбранной территории определяется необходимостью получения новой экологической информации для обеспечения наблюдения за состоянием окружающей среды.

Цель. Изучение эколого-биологических особенностей ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях Катон Карагайского Государственного национального природного парка.

Задачи. Оценить относительное жизненное состояние древостоев ивы белой, проанализировать параметры роста, фотосинтетические пигменты в листьях и почвенные условия.

Материалы и методы. Исследования проводились в течение полевого периода 2023 года. Проведены работы рекогносцировочного обследования территории Катон-Карагайского ГНПП [5, 6]. По методике исследования было проанализировано таксационное описание Алтайского лесничества, площадь лесничества составляет 55 659 га. Основной лесообразующей породой является Сосна, Пихта, Лиственница, Кедр, Береза, Осина, Тополь. В ходе анализа по таксационным описаниям и планам лесонасаждения был выбран 19 квартал, 9 выдел, горная местность. так как в этом квартале наблюдался состав (80 %) Ивы белой (*Salix alba* L.) и (20 %) Березы на площади 5,9 га. В древостоях Ивы белой были заложены 3 пробные площадки (50x50 м), произведен перечень деревьев, определены первичные таксационные параметры: высота дерева, диаметр ствола на высоте 1.3 м. Высота деревьев замерялась высотомером (с точностью до 0.1 м). Диаметр определялся на высоте 1.3 м мерной вилкой (с точностью до 0.5 см). Закладка пробных площадей проводилась согласно стандартным и имеющим длительное практическое применение методикам [6, 7]. На основании этих данных были выбраны по двадцать модельных деревьев в каждой зоне, у которых определялся возраст при помощи дендрохронологических методов исследования.

Дендрохронологические исследования проводились по общепринятым методикам [8, 9]. Для установления возраста древостоев у сорока деревьев на пробной площади на высоте 0,4 м с помощью возрастного бурава Haglof отбирались керны. Для изучения радиального прироста корневой древесины отбирались спилы скелетных корней на глубине 30 см. Возраст устанавливался последующим подсчетом годичных колец на микроскоп Альтами СМО745-Т.



Алтайское
лесничество
9 квартал

Рис. 1. – Карта-схема расположения пробных площадей в насаждениях ивы белой (*Salix alba L.*) на территории Катон-Карагайского ГНПП, Лесничество Алтайское

Оценка относительного жизненного состояния (ОЖС) проводилась по методике В.А. Алексева (1990). Оценивались следующие признаки: густота кроны (% от нормальной густоты), наличие мертвых сучьев (в % от общего количества сучьев на стволе) степень повреждения листьев токсикантами, патогенами и насекомыми (средняя площадь некрозов, пятнистостей и объеданий в % от площади листа).

Оценивалось ОЖС (относительное жизненное состояние) каждого отдельного дерева [6] с последующим выведением жизненного состояния насаждения по пяти категориям: здоровое, ослабленное, сильно ослабленное, усыхающее и полностью разрушенное по формуле:

$$L_n = (100 \cdot n_1 + 70 \cdot n_2 + 40 \cdot n_3 + 5 \cdot n_4) / N, \quad (1)$$

где L_n – относительное жизненное состояние насаждения;
 n_1 – число здоровых деревьев на пробной площади;
 n_2, n_3, n_4 – то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев соответственно;
 100, 70, 40, 5 — коэффициенты, выражающие (в процентах) относительное жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев соответственно;
 N – общее число деревьев на пробной площади (включая сухостой).

Листья для морфологических исследований отбирались в августе. Образцы (до 100 листьев) брались с южной части кроны опушечных деревьев на высоте до 2 м. Исследования проводились на гербарном материале. Площадь измерения площади листа определялась с помощью программы ImageJ.

Для определения содержания пигментов в листьях ивы образцы отбирались из средней части кроны с 20 модельных деревьев [5]. Содержание фотосинтетических пигментов хлорофилла а и b, а также каротиноидов анализировалось методом спектрофотометрии при помощи Спектрофотометр ПЭ 5400УФ.

Почвенный анализ исследуемой территории проводили в Агроэкологическом испытательном центре (лаборатория), Лаборатория почвенных исследований при НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина». Определение нитратного азота ионометрическим методом № ГОСТ 26951-86; Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО № ГОСТ 26205-91; Групповой состав гумуса № ГОСТ 26213-2021; pH_(КС) № ГОСТ 26483-85 п. 4.1, 4.2. Почва была отобрана на глубине 0-20 см. Полученные данные были преобразованы в нормальное распределение. Был проведен статистический анализ, используя статистическое программное обеспечение (SPSS 21.0) для Windows, а также дисперсионный анализ (ANOVA), в то время как различия между средними значениями рассчитывались с помощью тест НСР ($p < 0,05$).

Результаты и обсуждения. Пробные площади расположены в пойме реки Бухтарма; естественный древостой, возраст более 70 лет. Площадь составляла 5,9 га. Первый ярус: ива белая + берёза бородавчатая, $D_{ср}=16,1$ см, $H_{ср}=4,3$ см. Подрост: ива белая – средней густоты. Подлесок: рябина обыкновенная, черемуха обыкновенная, смородина черная, смородина красная, ежевика кавказская – густой. Геоботаническое описание: ассоциация пырейно-кострецовая и цветковое разнотравье. Общее проективное покрытие – 80-100%. Проективное покрытие злаковых составляет более 60 %. Проективное покрытие бобовых – до 15%. Проективное покрытие разнотравий составляет 25%. Число видов растений – более 900 видов. Класс бонитета древостоя первый, полнота 0,6 и запас сыро растущей древесины 22 м³ (табл. 1). Площадь листовой пластинки ивы белой колеблется в пределах от 7,5 до 13,5 см².

Таблица 1 – Краткая таксационная характеристика пробных площадей в древостоях ивы белой Алтайского лесничества 19 квартал, 9 выдел в Катон-Карагайском ГНПП

Площадь, га	Состав	Ярус	H, м	D, см	Возраст, л	Бонитет	Полнота	Запас сыро-раст. в куб. га
5,9	8Ивк 2Б	1	4,3	16,1	70	1	0,6	22

После проведения таксационных работ и описания пробных площадей была проведена работа по оценке относительного жизненного состояния (ОЖС) древостоев Ивы белой. Оценка ОЖС ивы белой в условиях Катон-Карагайского ГНПП позволила сделать вывод, что насаждения ивы белой оценивается как «здоровое». Древостой ивы в зоне среднего загрязнения оценивается как «здоровый» (индекс ОЖС – 87,5%). Густота кроны деревьев ивы белой в среднем составляет 80-100%, мертвых сучьев в верхней части кроны не более 5%, повреждения листьев не превышает 5% (табл. 2).

Таблица 2 – Жизненное состояние древостоев ивы белой (*Salix alba L.*) в условиях Катон-Карагайского ГНПП

Густота кроны, % от нормы	Наличие мертвых сучьев, %	Степень повреждения листьев, %	Индекс ОЖС, %
1 участок с координатами 49°10'57''С.Ш. 86°33'56''В.Д. Высота над уровнем моря 980 м.			
90-100	0	5	88
2 участок с координатами 49°10'57''С.Ш. 86°34'1''В.Д. Высота над уровнем моря 980 м.			
90-100	0	5	87,7
3 участок с координатами 49°10'57''С.Ш. 85°34'1''В.Д. Высота над уровнем моря 980 м.			
90-100	0	5	86,7

Содержание хлорофилла, а в листьях ивы белой варьирует от 0,55-0,6 мг/г сырой массы. Содержание хлорофилла b меньше, чем хлорофилла а. Оно варьирует от 0,11-0,14 мг/г сырой массы. Что же касается содержания каротиноидов в листьях ивы белой, то содержание варьирует от 0,13-0,14 мг/г (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание хлорофилла, а (мг/г), b (мг/г) и каротиноидов в листьях ивы белой (*Salix alba L.*) в условиях Катон-Карагайского ГНПП

Порода	Chl a (mg·g ⁻¹)	Chl b	Chl (a + b) (mg·g ⁻¹)	Chl (a + b/car) (mg·g ⁻¹)	Chla/b	Carotenoid (mg·g ⁻¹)
<i>Salix alba L.</i>	Количество хл а мг/г	Количество хл в мг/г		Хл а+в/ кар	Хл а/хл в	Количество кар мг/г
1 повторность	0,601	0,114	0,715	4,930	5,26	0,145
2 повторность	0,567	0,132	0,699	5,023	4,28	0,139
3 повторность	0,553	0,143	0,696	5,11	3,867	0,136
Ср. значение и ст. ошибка	0,573±0,022	0,130±0,013	0,7±0,03	5,020±0,08	4,469	0,140±0,003

Содержание подвижных элементов питания в горизонте А глубиной 0-18 см. составляет: щелочногидролизуемого азота – 99,13 мг/кг⁻¹, подвижных соединений фосфора – 22,7 мг/кг⁻¹, обменного калия – 160,8 мг/кг⁻¹. Высокое содержание подвижных соединений фосфора обусловлено нейтральной реакцией почвенной среды. Что согласуется с данными В.И. Шрага, Д.С. Орлова. Реакция почвенной среды в основном нейтральная (рН – 6,76). В тяжелосуглинистых пойменно-лесных темно-серых почвах содержание гумуса составляет 6,76 % в верхней части почвенного профиля.

Таблица 4 – Агрохимическая характеристика почв насаждений ивы белой в условиях Катон-Карагайского ГНПП

Горизонт и глубина А (0-18), см	рН	NH ₃ -N (мг/кг ⁻¹)	подвижный P (мг/кг ⁻¹)	подвижный K (мг/кг ⁻¹)	Гумус (%)
1 повторность	6,55	100,16	30,88	153,9	5,25
2 повторность	6,92	98,15	17,35	183,7	5,08
3 повторность	6,76	99,12	19,88	144,8	5,89
Ср. значение и ст. ошибка	6,76±0,2	99,13±13,16	22,70±5,45	160,80±15,27	5,41±0,32

Таким образом, рассмотренные морфологические признаки и физико-химические свойства пойменных почв под лесной растительностью дают возможность обнаружить их особенности, обусловленные влиянием лесной растительности на процессы почвообразования в пойме: почвы отличаются нейтральной реакцией, значительным содержанием поглощенных оснований, средним содержанием гумуса.

Закключение. Составлена комплексная эколого-биологическая характеристика ивы белой в условиях Катон Карагайского ГНПП. Относительное жизненное состояние насаждений ивы белой в условиях загрязнения оценивается как «здоровое». У ивы белой при увеличении степени загрязнения происходит увеличение площади листа и уменьшается прирост побегов. По данным площади листа показатели ниже, чем данные предыдущих работ по исследованиям ивы белой, растущей в промышленных центрах [12]. В условиях загрязнения происходят изменения в структуре пигментного состава: увеличивается содержание каротиноидов. Отмечено увеличение интенсивности транспирации с возрастанием уровня загрязнения. Данные по нашим исследованиям показывают меньшее содержание пигментных составов. Ива белая устойчива к действию климатических и иных факторов в условиях Катон-Карагайского ГНПП. Адаптивный потенциал ивы белой реализуется на различных структурно-функциональных уровнях. Ива белая рекомендуется к использованию при создании санитарно-защитных насаждений в промышленных центрах, а также в поймах рек и в заболоченной местности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. **Ахмадуллин Р.Ш., Зайцев Г.А. Особенности формирования ассимиляционного аппарата ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях промышленного загрязнения // Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем. – 2014. – С. 26-30.**
2. **Havrdová, A., Douda, J., & Doudová, J. Threats, biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales // Science of the Total Environment. – 2023. – Т. 854. – С. 158743. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158743>.**
3. **Клевцова М.А., Михеев А.А. Диагностика стрессовых реакций древесных растений в условиях урбанизированной среды (на примере города Липецка) // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы. – 2022. – С. 88.**
4. **Fischer, S., Greet, J., Walsh, C.J., & Catford, J.A. Restored river-floodplain connectivity promotes woody plant establishment // Forest Ecology and Management. – 2021. – Т. 493. – С. 119264. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119264>.**
5. **Сидоренко, А.Н. Оценка жизненного состояния древесных растений города Уссурийска // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 7. – С. 166-174.**
6. **Афонин А.А., Зайцев С.А. Цикличность среднесуточного радиального прироста несущих побегов ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях Брянского лесного массива // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2016. – №. 3 (351). – С. 66-76.**
7. **Wagner N.D., He L., Hörandl E. The evolutionary history, diversity, and ecology of willows (*Salix* L.) in the European Alps // Diversity. – 2021. – Т. 13. – №. 4. – С. 146. <https://doi.org/10.3390/d13040146>.**
8. **Румянцев, Д.Е., Липаткин, В.А., Черакшев, А.В., & Воробьева, Н.С. Методические рекомендации по отбору ядер древесины для целей дендрохронологических исследований в лесоведении и лесоводстве // Д.Е. Румянцев, В.А. Липаткин, А.В. Черакшев [и др.]. – М: Профессиональная наука. – 2022.**
9. **Чуракова О.В., Румянцев Д.Е. Проблемы экофизиологической интерпретации климатического сигнала в дендрохронологических и дендроизотопных рядах // Лесохозяйственная информация. – 2024. – №. 2. – С. 19-36.**
10. **Утешкалиев М.Д., Ахметов Р.С. Условия формирования почв поймы р. Урал Атырауской области Республики Казахстан // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири. – 2016. – С. 153-159.**
11. **Ауезов Д. У., Келгенбаев Н. С., Мамырбай М. А. Динамика уровня грунтовых вод и их связь с влагообеспеченностью насаждений в пойме реки Урал Западно-Казахстанской области // Лесное хозяйство: актуальные проблемы и пути их решения. – 2022. – С. 142-147.**
12. **Ахмадуллин Р. Ш., Зайцев Г. А. Относительное жизненное состояние насаждений ивы белой (*Salix alba* L.) в условиях Уфимского промышленного центра // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – 2016. – С. 28-30.**

REFERENCES:

1. **Ahmadullin R.Sh., Zajcev G. A. Osobennosti formirovaniya assimilyacionnogo apparata ivy' beloј (*Salix alba* L.) v usloviyah promy'shlennogo zagryazneniya [Features of the formation of the assimilation apparatus of white willow (*Salix alba* L.) under conditions of industrial pollution]. *Innovacionny'e podhody' k obespecheniyu ustojchivogo razvitiya socio-e'kologo-e'konomicheskikh sistem*, 2014, pp. 26-30. (In Russian)**
2. **Havrdová A., Douda J., Doudová J. Threats, biodiversity drivers and restoration in temperate floodplain forests related to spatial scales. *Science of the Total Environment*, 2023, vol. 854, 158743 p. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158743>.**
3. **Klevcova M.A., Miheev A.A. Diagnostika stressovy'h reakcij drevesny'h rastenij v usloviyah urbanizirovannoj sredy' (na primere goroda Lipecka) [Diagnostics of stress reactions of woody plants in urbanized environments (using Lipetsk as an example)]. *Problemy' prirodnopol'zovaniya i e'kologicheskaya situaciya v Evropejskoј Rossii i na sopredel'ny'h territoriyah: materialy'*, 2022, pp. 88. (In Russian)**
4. **Fischer S., Greet J., Walsh C.J., Catford J.A. Restored river-floodplain connectivity promotes woody plant establishment. *Forest Ecology and Management*, 2021, vol. 493, 119264 p. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119264>.**
5. **Sidorenko A.N. Ocenka zhiznennogo sostoyaniya drevesny'h rastenij goroda Ussurijska [Assessment of the vital state of woody plants in Ussuriysk]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 7, pp. 166-174. (In Russian)**
6. **Afonin A.A., Zaycev S.A. Ciklichnost' srednesutochnogo radial'nogo prirosta nesushchih pobegov ivy' beloј (*salixalba* L.) v usloviyah Bryanskogo lesnogo massiva [Cyclicity of average daily radial growth of bearing shoots**

of white willow (*Salix alba* L.) in the conditions of the Bryansk forest massif]. *Izvestiya vy'sshih uchebny'h zavedenij. Lesnoj zhurnal*, 2016, no. 3 (351), pp. 66-76. (In Russian)

7. **Wagner N.D., He L., Hörandl E. The evolutionary history, diversity, and ecology of willows (*Salix* L.) in the European Alps.** *Diversity*, 2021, vol. 13, no. 4, 146 p. <https://doi.org/10.3390/d13040146>.

8. **Rumyanov D.E., Lipatkin, V.A., Cherakshv A.V., Vorobeva, N. S. Metodicheskie rekomendacii po otboru kernov drevesiny' dlya celej dendrochronologicheskikh issledovaniy v lesovedenii i lesovodstve** [Guidelines for the selection of wood cores for dendrochronological studies in forest science and silviculture]. Moscow, Professional'naya nauka, 2022. (In Russian)

9. **Churakova O.V., Rumyanov D.E. Problemy' e'kofiziologicheskoy interpretacii klimaticheskogo signala v dendrochronologicheskikh i dendroizotopny'h ryadah** [Problems of ecophysiological interpretation of the climatic signal in dendrochronological and dendroisotopic series]. *Lesohozyajstvennaya informaciya*, 2024, no. 2, pp. 19-36. (In Russian)

10. **Utshkaliyev M.D., Akhmetov R.S. Usloviya formirovaniya pochv pojmy' r. Ural Aty'rauskoj oblasti Respubliki Kazahstan** [Conditions of soil formation in the floodplain of the Ural River in the Atyrau region of the Republic of Kazakhstan]. *Lesnoe hozyaystvo i zelenoe stroitel'stvo v Zapadnoj Sibiri*, 2016, pp. 153-159. (In Russian)

11. **Auyezov D.U., Kelgenbayev N.S., Mamyrbaj M. A. Dinamika urovnya gruntovy'h vod i ih svyaz' s vlagobespechennost'yu nasazhdenij v pojme reki Ural Zapadno-Kazahstanskoj oblasti** [Dynamics of groundwater levels and their relationship with moisture supply of plantings in the floodplain of the Ural River in the West Kazakhstan region]. *Lesnoe hozyaystvo: aktual'ny'e problemy' i puti ih resheniya*, 2022, pp. 142-147. (In Russian)

12. **Ahmadullin R.Sh., Zaycev G.A. Otnositel'noe zhiznennoe sostoyanie nasazhdenij ivy' belo (Salix alba L.) v usloviyah Ufimskogo promy'shленного центра** [Relative vitality of white willow (*Salix alba* L.) plantations in the conditions of the Ufa industrial center]. *Biodiagnostika sostoyaniya prirodny'h i prirodno-tehnogenny'h sistem*, 2016, pp. 28-30. (In Russian)

Сведения об авторах:

Курмангожинов Альжан Жанибекович* – PhD, доктор естественных наук, и.о. ассоциированного профессора кафедры лесные ресурсы и лесное хозяйство, НАО «Казакский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Женис, 62, тел.: +7-705-546-19-17, e-mail: a.kurmangozhinov@kazatu.edu.kz.

Жумадилов Булат Зулхарнаевич – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры экология, НАО «Казакский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Женис, 62, тел.: +7-701-525-87-55, e-mail: zhumadilov_bulat@mail.ru.

Гомер Вероника Яковлевна – магистрант, НАО «Казакский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Республика Казахстан, 010000, г. Астана, пр. Женис, 62, тел.: +7-705-299-34-01, e-mail: veronika_555555@mail.ru.

Курмангожинов Альжан Жанибекович* – жаратылыстану ғылымдарының PhD докторы, орман ресурстары және орман шаруашылығы кафедрасы қауымдастырылған профессорының м.а., «С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғ., 62, тел.: +7-705-546-19-17, e-mail: a.kurmangozhinov@kazatu.edu.kz.

Жумадилов Булат Зулхарнаевич – биология ғылымдарының кандидаты, экология кафедрасының аға оқытушысы, «С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғ., 62, тел.: +7-701-525-87-55, e-mail: zhumadilov_bulat@mail.ru.

Гомер Вероника Яковлевна – магистрант, «С.Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Қазақстан Республикасы, 010000, Астана қ., Жеңіс даңғ., 62, тел.: +7-705-299-34-01, e-mail: veronika_555555@mail.ru.

Kurmangozhinov Alzhan Zhanibekovich* – PhD, Doctor of Natural Sciences, acting Associate Professor of the Department of forest resources and forestry, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: +7-705-546-19-17, e-mail: a.kurmangozhinov@kazatu.edu.kz.

Zhumadilov Bulat Zulkharnayevich – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of ecology, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: +7-701-525-87-55, e-mail: zhumadilov_bulat@mail.ru.

Gomer Veronika Yakovlevna – Master student, S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, 62 Zhenis Ave., tel.: +7-705-299-34-01, e-mail: veronika_555555@mail.ru.

МРНТИ: 36.61.27

УДК 556.3.06

https://doi.org/10.52269/22266070_2024_4_119

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ МАКТААРАЛЬСКОГО МАССИВА

Оңласынов Ж.Ә.* – доктор философии (PhD), и.о. заведующего лабораторией Гис-технологий и ДЗЗ, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина Satbayev University», г. Алматы, Республика Казахстан.

Сотников Е.В. – доктор философии (PhD), заведующий лабораторией Моделирования гидродинамических и геоэкологических процессов, «Институт гидрогеологии и геоэкологии им У.М. Ахметсафина, Satbayev University», г. Алматы, Республика Казахстан.