

Murtazin Yermek Zhamshitovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Deputy Director for Science, Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience LLP, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Ualikhanov Str., e-mail: ye_murtazin@list.ru.

Rakhimova Valentina Stanislavovna – PhD, Leading Researcher, Laboratory of Simulating Hydrodynamic and Geocological Processes, Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience LLP, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Ualikhanov Str., e-mail: salybekova_v@mail.ru.

Alimgazina Aigerim Krymdzhankyzy – Master of Engineering Sciences, Researcher, Laboratory of Groundwater Resources, Ahmedsafin Institute of Hydrogeology and Environmental Geoscience LLP, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 94 Ualikhanov Str., e-mail: krymdjanovna@gmail.com.

МРНТИ 68.47.03; 68.47.29

УДК 582.734.2

<https://doi.org/10.52269/SKVC2621230>

SPIRAEA L. В КОЛЛЕКЦИЯХ КАЗАХСКОГО НИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ ИМ. А.Н. БУКЕЙХАНА

Чеботько Н.К.* – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, «Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А.Н. Букейхана», г. Щучинск, Республика Казахстан.

Крекова Я.А. – PhD, заведующая отделом, «Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А.Н. Букейхана», г. Щучинск, Республика Казахстан.

Раушан Ә.Б. – магистрант 2 курса, «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», г. Кокшетау, Республика Казахстан.

В статье рассматриваются вопросы роста и развития интродуцированных видов и сортов рода *Spiraea* в коллекционных посадках дендропарка, арборетума и новых сортов в школках Казахского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А.Н. Букейхана. В объектах интродукции проходят испытание 14 видов и сортов декоративных кустарников из указанного рода. Дана краткая характеристика многолетних климатических условий района исследования, длительности вегетационного периода. Климатические условия Северного Казахстана характеризуются резкой континентальностью, которая выражается в низких зимних и высоких летних температурах, поздними весенними и ранними осенними заморозками, малым количеством осадков. Приведены данные по морфологическим параметрам, началу и продолжительности цветения некоторых видов и сортов *Spiraea*. Новые сорта спиреи наряду с ранее культивируемыми показали высокую устойчивость к неблагоприятным погодным условиям. Отмечалось первое цветение у двух новых сортов: «Dart's Red» и «Anthony Waterer». Приведена сравнительная характеристика наших исследований с литературными данными по срокам цветения и росту сортов *Spiraea*. Выделены группы кустарников по высоте и текущему приросту. Изученные виды и сорта спиреи в основном отмечались средним и низким ростом в сравнении с литературными данными. Даны рекомендательные предложения по применению сортов *Spiraea* в различных посадках Северного Казахстана.

Ключевые слова: *Spiraea*, дендропарк, арборетум, кустарник, сорт, декоративность, высота.

SPIRAEA L. КОЛЛЕКЦИЯЛАРЫНДА Ә.Н. БӨКЕЙХАН АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ОРМАН ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ АГРООРМАНМЕЛИОРАЦИЯ ҒЫЛЫМИ-ЗЕРТТЕУ ИНСТИТУТЫ

Чеботько Н.К.* – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, «Ә.Н. Бөкейхан атындағы Қазақ орман шаруашылығы және агроорманмелиорация ғылыми-зерттеу институты», Щучинск қ., Қазақстан Республикасы.

Крекова Я.А. – PhD, бөлімінің меңгерушісі, «Ә.Н. Бөкейхан атындағы Қазақ орман шаруашылығы және агроорманмелиорация ғылыми-зерттеу институты», Щучинск қ., Қазақстан Республикасы.

Раушан Ә.Б. – 2 курс магистранты, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті», Көкшетау қ., Қазақстан Республикасы.

Мақалада Ә.Н. Бөкейхан атындағы Қазақ орман шаруашылығы және агроорманмелиорация ғылыми-зерттеу институтының дендропаркінде, арборетумында және мектептік көшеттерінде өсірілетін *Spiraea* туысына жататын интродукцияланған түрлер мен сорттардың өсуі мен дамуы қарастырылған. Интродукция алаңдарында осы тұқымдас сәндік бұталардың 14 түрі мен сорттары сынақтан өтуде. Зерттеу аймағының көпжылдық климаттық жағдайлары мен вегетациялық кезеңнің ұзақтығына қысқаша сипаттама берілген. Солтүстік Қазақстан климатының ерекшелігі – күрт континенттілігімен сипатталады, яғни қыста температураның өте төмен, ал жазда жоғары болуымен, көктемгі кеш және күзгі ерте үсіктермен, сондай-ақ жауын-шашынның аз мөлшерімен

ерекшеленеді. *Spiraea* туысының кейбір түрлері мен сорттарының морфологиялық көрсеткіштері, гүлдеуінің басталуы мен ұзақтығы туралы мәліметтер келтірілген. Спирейаның жаңа сорттары бұрын өсірілген сорттармен бірге ауа-райының қолайсыз жағдайларына жоғары төзімділік көрсетті. «Dart's Red» және «Anthony Waterer» атты екі жаңа сорт өзінің алғашқы гүлденуі туралы хабарлады. *Spiraea* сорттарының гүлдеу мерзімі мен өсу ерекшеліктері әдеби деректермен салыстырылып талданған. Бұталар биіктігі мен жылдық өсіміне қарай топтарға бөлінді. Зерттелетін спирея түрлері мен сорттары жарияланған деректермен салыстырғанда әдетте орташа және қысқа бойымен сипатталды. Солтүстік Қазақстан жағдайында *Spiraea* сорттарын өртүрлі отырғызу түрлерінде пайдалану бойынша ұсыныстар берілді.

Түйінді сөздер: *Spiraea*, дендропарк, арборетум, бұта, сорт, сәндік, биіктік.

SPIRAEA L. IN THE COLLECTIONS OF THE A.N. BUKEIKHAN KAZAKH RESEARCH INSTITUTE OF FORESTRY AND AGROFORESTRY

Chebotko N.K. – Candidate of Agriculture, Leading Researcher, A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Republic of Kazakhstan.*

Krekova Ya.A. – PhD, Head of the Department, A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Republic of Kazakhstan.

Raushan A.B. – 2nd year Master student, Sh. Ualikhanov Kokshetau University NLC, Kokshetau, Republic of Kazakhstan.

The article discusses the growth and development of introduced species and cultivars of the Spiraea genus in the collection plantings of the dendrological park, arboretum, and new cultivars in the nurseries of the A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry. Fourteen species and varieties of ornamental shrubs from this genus are being tested at the plant introduction sites. The article provides a brief description of the long-term climatic conditions of the study area and the duration of the growing season. The climate of Northern Kazakhstan is sharp continental, and is characterized by low winter and high summer temperatures, late spring and early autumn frosts, and low precipitation. The article provides data on the morphological parameters, the beginning and duration of flowering of some species and cultivars of Spiraea. The new Spirea varieties, along with previously cultivated ones, demonstrated high resistance to adverse weather conditions. Two new varieties, 'Dart's Red' and 'Anthony Waterer,' have reported their first flowering. It also provides a comparative analysis of our research with the available literature on the flowering and growth of Spiraea cultivars. The article identifies groups of shrubs based on their height and current growth. The Spirea species and varieties studied were generally characterized by medium to short stature, compared to published data. The article provides recommendations for the use of Spiraea cultivars in various plantings in Northern Kazakhstan.

Keywords: *Spiraea*, dendrological park, arboretum, shrub, variety, ornamental value, height.

Введение. В Казахстане работам по озеленению городов, придомовых территорий, созданию лесопарковых зон уделяется большое внимание на государственном уровне. Президент страны К.-Ж. Токаев поставил перед организациями лесного направления масштабную задачу по увеличению лесистости территории Казахстана. В его Послании от 01.09.2020 года говорится, что в течение 5 лет необходимо посадить 2 млрд. деревьев в лесном фонде и 15 млн. в населенных пунктах. Северный Казахстан характеризуется низким видовым разнообразием естественной дендрофлоры из-за жесткости условий их произрастания. Поэтому для Северного Казахстана особенно актуальным является увеличение ассортимента древесных и кустарниковых пород путем привлечения интродуцентов.

Введение новых перспективных растений для озеленения и культивирования в условиях Северного Казахстана, изучение их биологических особенностей является одной из важных задач, стоящих перед интродукцией. И одним из значимых показателей в решении вопроса о привлечении новых декоративных видов, сортов, форм является оценка их декоративности. Декоративность определяется совокупностью внешних признаков: размерами и формой кроны, продолжительностью цветения, большим разнообразием строения листьев и цветков, их цветовой гаммы в разные периоды вегетации, устойчивостью к неблагоприятным погодным факторам, прежде всего зимостойкостью.

Важная роль в зеленом строительстве наряду с древесными породами отводится кустарникам. Кустарники быстро растут, достигая пика своей декоративности в короткие сроки, легко размножаются и не требуют сложного ухода. Обладая завидной экологической пластичностью и рано вступая в репродуктивный возраст, кустарники идеально подходят для ступенчатой акклиматизации [1, с. 18]. Кустарники – универсальный инструмент в руках ландшафтного архитектора, позволяющий создавать групповые и одиночные посадки, живые изгороди, изысканные садовые композиции и многое другое.

Сегодня, когда мир предлагает нам все больше новых сортов декоративных растений, созданных зарубежными селекционерами, изучение их морфологических признаков и биометрических показателей в новых почвенно-климатических условиях становится особенно важным. Предварительный анализ опыта интродукции в других странах позволил выявить виды, которые не встречаются в существ-

вующих рекомендациях для Северного Казахстана, но при этом демонстрируют прекрасный рост и устойчивость в схожих климатических условиях. Среди них особое место занимают декоративные кустарники рода *Spiraea* L. – истинное сокровище для ландшафтного дизайна.

Привлечение представителей рода *Spiraea* в коллекции обусловлено целым рядом факторов, делающих их незаменимыми в зеленом строительстве и создании гармоничных ландшафтных композиций. Представители рода *Spiraea* давно зарекомендовали себя в ландшафтной архитектуре как надежный и многофункциональный материал. *Spiraea* обладают высокой декоративной ценностью, благодаря изящной форме кроны и листьев, очарованию цветков, продолжительности цветения и вегетации. Они отличаются высокой декоративной ценностью, обусловленной морфологическими качествами кроны и листа, признаками цветка, продолжительностью цветения и вегетации [2, с. 3]. Неприхотливы к условиям произрастания, хорошо адаптируются к различным типам почв, устойчивы к загрязнению воздуха и засухе, что делает их идеальным выбором для городских условий и регионов с суровым климатом.

Род *Spiraea* – многолетние листопадные кустарники, принадлежащие к семейству *Rosaceae*. Этот род многочисленный, на сегодняшний день насчитывает около 130 видов, а также десятки гибридов и сортов. Виды *Spiraea* отличаются друг от друга размерами и формой куста, формой соцветия, окраской цветков, временем начала и окончания цветения. Благодаря этому разнообразию, можно не только украсить сад, но и создать его полностью из различных видов этого растения [3, с. 57].

Spiraea широко используются в садово-парковом строительстве благодаря разнообразию форм и размеров куста, обильному и продолжительному цветению. Зная сроки цветения различных видов, можно добиться непрерывного цветения в течение почти всего вегетационного периода [4, с. 512]. В условиях Курганской области были изучены 2 вида *Spiraea*: *Vanhouttei* (Briot) Zabel и *Billardii*, которые были рекомендованы для зеленого строительства как перспективные и устойчивые к неблагоприятным условиям окружающей среды [5, с. 407]. В условиях лесостепи Алтайского края в ГНУ НИИСС им. М.А. Лисавенко проходят первичное испытание 14 видов и сортов *Spiraea* L. [6, с. 3].

В Москве, в питомнике ГБС им. Н.В. Цицина РАН в коллекциях проводятся интродукционные испытания в условиях открытого грунта около 56 видов и сортов *Spiraea*, продолжающиеся от 10 до 25 лет. Для озеленения в городских условиях рекомендованы виды и сорта *Spiraea*, обладающие наибольшей устойчивостью к антропогенным воздействиям, заболеваниям и неблагоприятным погодным условиям, а также отличающиеся декоративностью формы куста, соцветий и продолжительностью цветения [7, с. 60].

Цель наших исследований заключалась в изучении состояния, особенностей роста и развития видов и сортов рода *Spiraea* в условиях Северного Казахстана, чтобы в дальнейшем ввести в этот регион новые устойчивые виды и сорта.

Задачи:

1. Провести анализ биометрических показателей роста и развития сортов *Spiraea*, включая высоту, прирост, ширину кроны.
2. Дать предложения по использованию декоративных сортов *Spiraea* в озеленении и ландшафтном дизайне.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2025 году в коллекциях дендропарка, арборетума и школах Казахского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. АН. Букейхана (далее КазНИИЛХА им. А.Н. Букейхана), которые расположены в городе Щучинске Акмолинской области в лесостепной зоне, северной части Казахского мелкосопочника. Высота объектов над уровнем моря составляет 250 м [8, с. 2]. Почвы дендропарка – плодородные черноземовидные аллювиальные супеси, а арборетума – черноземы обыкновенные. Климат района исследования резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и жарким коротким летом. Вегетационный период длится около 164 дня. Среднегодовое количество осадков по многолетним наблюдениям составляет 322 мм, колеблясь в пределах 180-600 мм. Температура воздуха самого теплого месяца (июль) равна +22,9°C, самого холодного (января) – 23,7°C.

Объектами исследования служили 13 интродуцированных видов и сортов рода *Spiraea*. Возраст кустарников в коллекциях составляет от 10 до 30 лет, в школах – 5-6 и 1-2 летние черенкованные саженцы. Кусты *Spiraea* размещены в биогруппах и рядах, с расстоянием в 2 м между рядами и 1 м между растениями. Подбор видов, форм и сортов рода *Spiraea* для изучения диктовался их биологическими особенностями и способностью адаптироваться к суровым условиям резко-континентального климата Северного Казахстана. При мобилизации исходного материала декоративных кустарников в район исследования использовался комплекс традиционных методов интродукции растений, включая метод климатических аналогов Майера, родовых комплексов Русанова и ступенчатой интродукции [9, 10].

В наших исследованиях из большого числа морфологических признаков декоративных кустарников в коллекционных насаждениях дендропарка и арборетума, и новых видов в школке рассматривались: высота, диаметр стволика, диаметр куста и темпы прироста побегов. Для измерений использовались обычная мерная линейка и рулетка. Высоту растений определяли от корневой шейки до самой высокой точки роста вертикального побега. Диаметр стволика измерялся у корневой шейки штангенциркулем. Диаметр кроны определялся как расстояние между крайними точками ее проекции на землю в двух на-

правлениях: север-юг и запад-восток. Прирост текущего года оценивался по зеленой, неодревесневшей части основных побегов [11, с. 372]. Основываясь на темпах роста, растения были разделены на следующие категории: очень быстрорастущие (прирост побегов до 2 м в год), быстрорастущие (0,6-1 м), умеренного роста (0,3-0,6 м), медленнорастущие (0,25-0,3 м) и очень медленнорастущие (до 0,2 м) [12, с. 21]. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы MS Excel 2021.

Результаты исследования и их обсуждение. *Spiraea* обладают высокой декоративностью на протяжении всего сезона. Весеннее и летнее цветение, отличающееся обилием и разнообразием оттенков, придает ландшафту яркость и насыщенность. В разные годы в коллекции дендропарка и арборетума были привлечены 7 видов и сортов рода *Spiraea* – *S. japonica* «*Macrophylla*», *S. japonica* «*Goldflame*», *S. japonica* «*Magic Carpet*», *S. xvanhouttei* (Briot) Zabel, *S. cinerea* «*Grefsheim*», *S. xcinerea* Zabel, *S.* «*Golden Carpet*».

На рисунке 1 запечатлены некоторые представители рода *Spiraea* в разные сроки вегетационного периода, растущие в коллекциях (все фотографии, представленные в статье, сделаны авторами Чеботько Н.К. и Крековой Я.А.).



S. xcinerea Zabel, *S.* «*Macrophylla*» *S. japonica* «*Goldflame*»

Рисунок 1 – *Spiraea* в коллекциях дендропарка и арборетума

В 2024 году, в рамках новой исследовательской тематики на период 2024-2026 годы «Выявление потенциала адаптивности новых декоративных кустарников и их способности к вегетативному размножению в условиях Северного Казахстана» были приобретены новые виды и сорта декоративных кустарников. Среди них особое место заняли 7 представителей рода *Spiraea*: *S. japonica* «*Anthony Waterer*», *S. x arguta* Zabel, *S.* «*Bitulina*», *S. japonica* «*Dart's Red*», *S. japonica* «*Firelight*», *S. japonica* «*Little Princess*», *S. betulifolia* «*Tor Gold*». На рисунке 2 представлены некоторые из новых сортов *Spiraea*, у двух из них зафиксировано первое цветение (*S. japonica* «*Dart's Red*», *S. japonica* «*Firelight*»). В период наблюдений отмечено хорошее состояние всех видов и сортов *Spiraea* в коллекциях и в школах новых видов и сортов.

В исследованиях, проведенных Г.А. Павленковой [13, с. 81] на базе генетической коллекции дендрария ВНИИСПК, *Spiraea* «*Anthony Waterer*», наряду с другими видами и сортами, была выделена как устойчивая к неблагоприятным факторам окружающей среды, болезням и вредителям. В более поздних работах [14, с. 62] сорт «*Anthony Waterer*» получил высокую оценку как высокодекоративный сорт, благодаря обильной облиственности и пышному цветению. Высокие декоративные свойства и высокая зимостойкость *S.* «*Anthony Waterer*» были также отмечены в условиях города Саратова в исследованиях А.В. Терешкина и О.В. Азаровой [15, с. 38].

В коллекции дендрологического отдела Пензенского Ботсада им. И.И. Спрыгина *Spiraea* «*Dart's Red*» являет собой пример завидной устойчивости, исправно проходя все фазы развития: вегетацию, цветение и плодоношение. Ее малиново-красные цветки, хоть и невелики, собраны в пышные, приковывающие взгляд соцветия размером 12-15 см. В указанных условиях *Spiraea* «*Dart's Red*» характеризуется как среднерослый кустарник, высотой 0,8-1,0 м, шириной кроны 0,8 м, полушаровидной, компактной и густой формы [16, с. 30].

В течение зимнего периода 2024-2025 гг. все сорта спиреи, культивируемые в коллекции и в школе питомника, благополучно перенесли холода и заслужили высокие оценки за свою декоративность [17, с. 127]. Новые сорта *Spiraea* «*Dart's Red*» и «*Anthony Waterer*» в текущем году впервые вступили в фазу цветения, массовое цветение которых отмечалось с 30 июля и продолжалось до середины сентября 2025 года. Наиболее продолжительное цветение отмечено у *Spiraea japonica* «*Bitulina*» (около 70 дней) – появление бутонов наблюдалось с 17 июня и окончание цветения 07 сентября.



S. «Dart's Red» S. «Arguta» S. japonica «Firelight» S. «Little Princess»

Рисунок 2 – Новые сорта *Spiraea* в школке

Биологические особенности *Spiraea betulifolia* и перспективы ее использования в озеленении освещены в работе В. Костиковой и др. [18, с. 44]. Т.Г. Махрова и А.Ю. Сапелин [19, с. 154] отнесли *Spiraea betulifolia* к группе растений, чей «пик декоративности» приходится на весну или первую половину лета. Наши наблюдения в условиях Северного Казахстана подтверждают эти выводы: пик декоративности данного вида наступил примерно в те же сроки – появление бутонов 14 мая и окончание цветения 6 июня. Фенологические исследования *Spiraea betulifolia* в европейской части северо-востока (Республика Коми) зафиксировали стабильные даты начала (21-22 июня ± 11 дней) и продолжительности цветения (21 ± 5 дней) [20, с. 118].

С целью оценки морфологических характеристик декоративных кустарников в коллекционных посадках дендропарка и арборетума, а также новых видов в школке проведены замеры высоты, диаметра ствола, ширины кроны в двух направлениях (север-юг и запад-восток) и текущего прироста, результаты которых представлены на рисунках 3, 4. Точное определение размеров растений имеет решающее значение для научных исследований, лесоводства, озеленения и ландшафтного дизайна. Оценка биометрических показателей декоративных кустарников играет важную роль при принятии решения о целесообразности их выращивания в условиях Северного Казахстана.

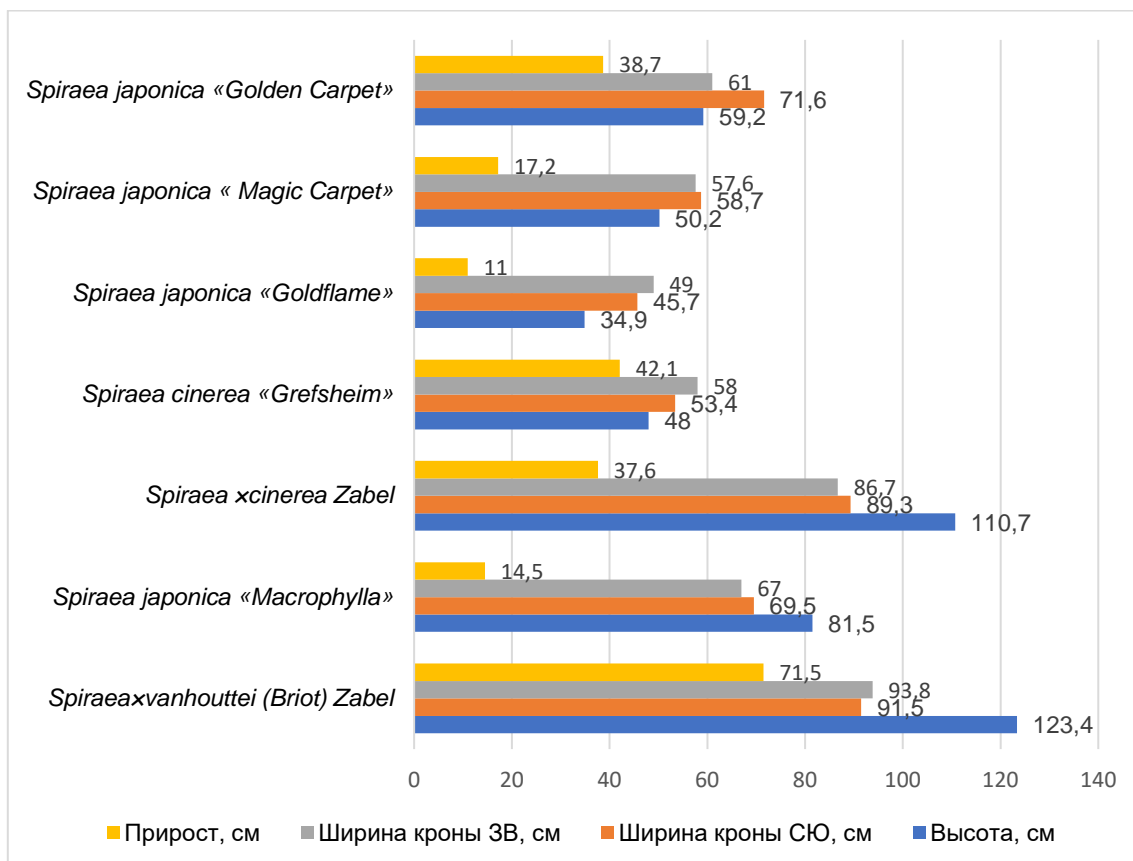


Рисунок 3 – Показатели роста и развития *Spiraea* в коллекциях в 2025 году

Анализ данных, представленных на рисунке 3, выявил заметные различия в высоте и приросте одновозрастных кустарников *Spiraea* в коллекциях. Высоких кустарников среди изученных видов не наблюдается. В группу кустарников средней высоты (1,0-2,0 м) вошли *Spiraeaxvanhouttei* (Briot) Zabel и *Spiraea xcinerea* Zabel. Все остальные *Spiraea* отмечены низким ростом (0,5-1,0 м).

По темпам роста (текущему приросту) *Spiraea* разделились на 3 группы. Быстрорастущие: *Spiraeaxvanhouttei* (Briot) Zabel, с годовым приростом 71,5 см; умеренного роста: *S. xcinerea* Zabel, *S. cinerea* «Grefsheim» и *S. «Golden Carpet»*, годовой прирост у которых составил 37,6-42,1 см. В группу очень медленнорастущих вошли 3 сорта: *S. japonica* «Goldflame», *S. japonica* «Macrophylla», *S. japonica* «Magic Carpet», с годовым приростом от 11,0 до 17,2 см.

Следует отметить, что *S. cinerea* «Grefsheim» и *S. japonica* «Goldflame» в наших коллекциях оказались значительно ниже (в 2-2,5 раза) эталонных значений по высоте, зафиксированных в справочных изданиях [21, с. 84, 22]. В то же время годовой прирост *S. cinerea* «Grefsheim», напротив, в 2,5 раза превысил справочные данные, а *S. japonica* «Goldflame» немного отстала от нормы (в 1,8 раза).

Кроны кустарников *Spiraea* отличаются компактностью и плотностью, гармонично развиваясь в обоих направлениях. Самой широкой кроной характеризуются 2 вида: *Spiraeaxvanhouttei* (Briot) Zabel и *S. xcinerea* Zabel, на 19-25 см она поменьше у *S. «Golden Carpet»* и *S. japonica* «Macrophylla». Самая узкая крона отмечена у *S. cinerea* «Grefsheim», *S. japonica* «Magic Carpet» и *S. japonica* «Goldflame».

Проанализировав данные наших исследований с полученными данными в Ботаническом саду-институте Уфимского научного центра РАН установлено, что высота *Spiraeaxvanhouttei* (Briot) Zabel незначительно выше, а *S. cinerea* «Grefsheim» немного ниже наших данных. Ширина кроны у обоих сортов *Spiraea* выше в условиях Башкирского Предуралья, чем в условиях Северного Казахстана [25, с. 765].

Среди новых видов и сортов спиреи, представленных на рисунке 4, *S. betulifolia* «Tor Gold» выделяется своим стремительным ростом и высоким годовым приростом.

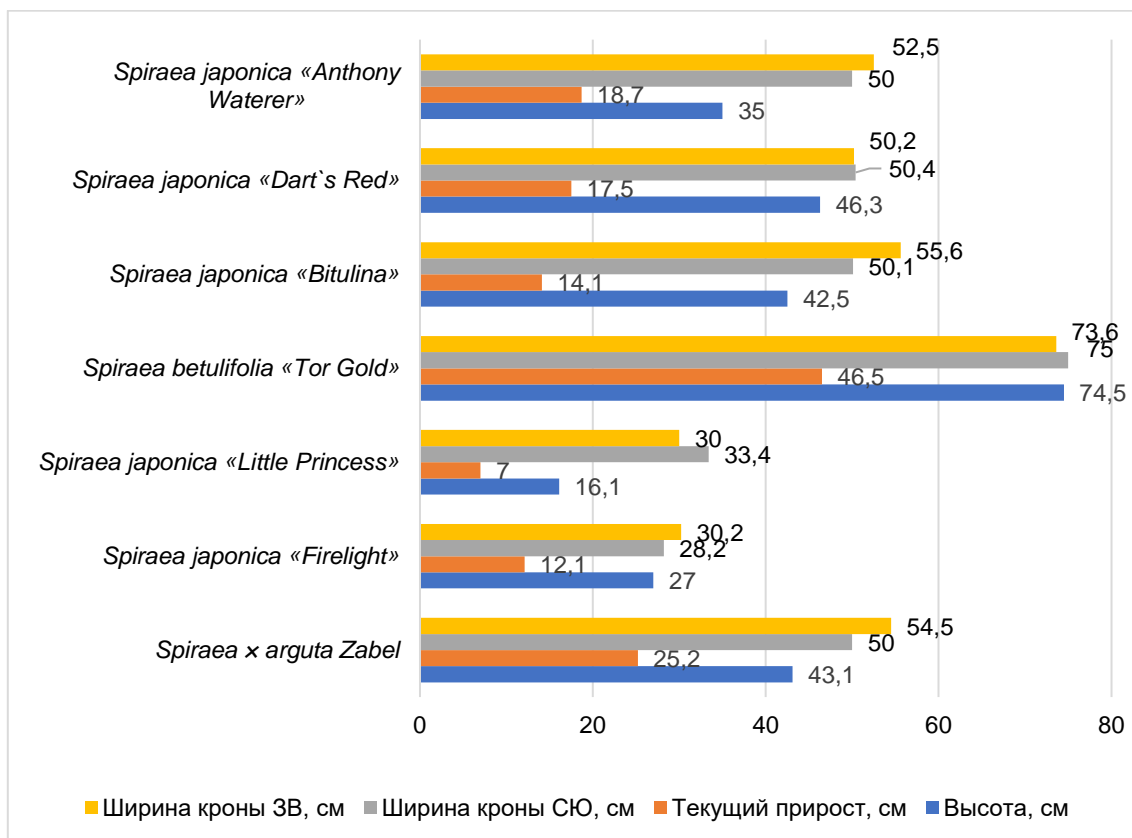


Рисунок 4 – Показатели роста и развития новых видов (сортов) *Spiraea* в 2025 году

К среднерослым кустарникам, судя по их биометрическим показателям можно отнести сорта «Anthony Waterer», «Bitulina», «Arguta», «Darts Red». Самыми же миниатюрными представителями рода *Spiraea* предстают сорта «Little Princess» и *S. «Firelight»*.

Анализ высоты и динамики прироста изученных видов и сортов декоративных кустарников позволяет сделать вывод о значительной внутривидовой и межвидовой изменчивости по данным показателям. Высота кустарников, как правило, коррелирует с текущим приростом, что отражает интенсивность ростовых процессов. Для высоты видов и сортов *Spiraea* коэффициент вариации (C_v) колеблется от низкого (11,45) до среднего (16,90), что свидетельствует о незначительной изменчивости в пределах каждой группы растений. Повышенные (28,43) и высокие (49,74) показатели C_v характерны

для годового прироста. В то же время, диаметр стволика у корневой шейки отличается широким размахом C_v – от среднего (21,07) до высокого (41,43). Коэффициент вариации диаметра кроны колеблется от низкого (11,88) до повышенного (34,0). Низкий показатель C_v свидетельствует о стабильности этого признака. Высокий коэффициент вариации указывает на значительную изменчивость параметра, что может быть обусловлено генетическими особенностями вида (сорта), а также условиями произрастания. Возможно, вариативность этих показателей в условиях Северного Казахстана обусловлена генетическими особенностями, условиями произрастания и агротехническими мероприятиями.

Заключение. В целом, представленные виды и сорта *Spiraea* в коллекциях демонстрируют широкий спектр возможностей использования этих кустарников в озеленении. Разнообразие видов и сортов позволяет создавать композиции, отличающиеся формой, размером, текстурой и окраской листвы и соцветий, обеспечивая декоративность на протяжении всего сезона.

Правильный подбор сортов с учетом их биометрических характеристик и декоративных особенностей является залогом создания устойчивых и эстетически привлекательных насаждений. При создании ландшафтных композиций необходимо учитывать размеры куста и его форму, которые будут определять различные типы насаждений. Так в одиночных посадках или живых изгородях можно использовать высокорослые виды растений: *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zabel, *Spiraea x cinerea* Zabel и *S. betulifolia* «Tor Gold». Некоторые высокие и не очень высокие растения («Anthony Waterer», «Bitulina», «Arguta», «Darts Red») можно высаживать вокруг одиночных деревьев или небольших групп деревьев.

Для низких бордюров хороши такие виды, как *S. japonica* «Goldflame», *S.* «Little Princess» и *S.* «Firelight». Низкие виды также можно высаживать на горке, создавать из них рокарии или альпинарии.

При грамотном подходе к разным видам и сортам *Spiraea* можно создавать композиции непрерывного цветения, в которых в весенний период начинается цветение *Spiraea* с белыми цветками, затем цветут *Spiraea* с розовыми и малиновыми цветками.

Полученные данные – ценный инструмент при проектировании ландшафтных композиций, подборе ассортимента для озеленения, а также для целей селекции, направленной на создание новых, перспективных сортов декоративных кустарников. Знание закономерностей роста и развития кустарников позволяет прогнозировать их габитус и размеры в зрелом возрасте, что крайне важно для достижения желаемого декоративного эффекта. Учет этих показателей также важен при планировании посадок и определении оптимальной дистанции между растениями.

Таким образом, сочетание таксационных показателей и декоративных качеств *Spiraea*, открывает широкие возможности для создания разнообразных ландшафтных композиций, учитывая особенности климатических условий и поставленные задачи озеленения.

Информация о финансировании: Данное исследование финансируется Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (№ BR23590517).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Андропова М.М., Залывская О.С., Александрова Ю.В. **Основные подходы развития ступенчатой интродукции в северные широты** [Текст] / Н.А. Бабич, Е.Б. Карбасникова, М.М. Андропова, О.С. Залывская, Ю.В. Александрова // Труды по интродукции и акклиматизации растений. Вып. 1. – Ижевск: ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения РАН». – 2021. – С. 17-19.
2. Чернолих В.В. **Анализ изменчивости представителей рода спирея (*Spiraea* L.) в связи с разработкой методики оценки декоративных качеств** [Текст]: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / В.В. Чернолих. – Москва, 2016. – 23 с.
3. Плотникова Л.С. **Спирея в природе и культуре** [Текст] / Л.С. Плотникова // Лесохозяйственная информация – лесные культуры, № 4. ВНИИЛМ – 80 лет. – 2014. – С. 54-58.
4. Абрамчук А.В., Карташева Г.Г., Карпухин М.Ю. **Садово-парковое и ландшафтное искусство.** [Текст] / А.В. Абрамчук, Г.Г. Карташева, М.Ю. Карпухин. – Екатеринбург, 2013. – 612 с.
5. Саввина Т.Д., Асташина С.И., Гомзякова Е.О. **Изучение биологических и морфологических особенностей декоративных кустарников** [Текст] / Т.Д. Саввина, С.И. Асташина, Е.О. Гомзякова // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: Сб. статей по мат. X Всерос. (нац.) научно-практич. конф. молодых ученых, посвященной 75-летию Курганской ГСХА имени Т.С. Мальцева, Курган, 29 ноября 2018 года / Под общей редакцией Сухановой С.Ф. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. – 2018. – С. 405-409.
6. Крапивко Е.Н. **Морфобиологические особенности видов и сортов *Spiraea* L. при интродукции в условиях лесостепи Алтайского края:** автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Е.Н. Крапивко. – Барнаул, 2012. – 26 с.
7. Смирнова З.И. **Перспективы использования многочисленных видов и сортов спирей в городском озеленении** [Текст] / З.И. Смирнова // Вестник Университета Правительства Москвы. – 2018. – № 1(39). – С. 57-61.
8. Верзунов А.И. Маловик С.В. **Дендропарк Научно-производственного центра лесного хозяйства.** [Текст] / А.И. Верзунов, С.В. Маловик – Алматы: ТОО «Издательство «Бастау». – 2005. – 48 с.

9. Андропова М.М., Бабич Н.А., Хамитов Р.С. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере Русской равнины / М.М. Андропова, Н.А. Бабич, Р.С. Хамитов – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2021. – 412 с.
10. Мингажева А.М., Чурагулова З.С. Интродукция древесных и кустарниковых пород / А.М. Мингажева, З.С. Чурагулова: Учебное пособие для вузов – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 272 с.
11. Бурганская Т.М., Макознак Н.А., Зельвович И.К. Итоги интродукции красивоцветущих кустарников в экспозиции партерной части Ботанического сада Белорусского государственного технологического университета [Текст] / Т.М. Бурганская, Н.А. Макознак, И.К. Зельвович // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры. Мат. междунар. конф., посвящ. 80-летию ЦБС НАН Беларуси (19-22 июня 2012 г., Минск, Беларусь). 1 ч. – Минск, 2012. – С. 372-376.
12. Немова Е.М. Дизайн садового участка /Е.М. Немова // Фитон+. М. – 2000. – 53 с.
13. Павленкова Г.А. Оценка видов рода Спирея (*Spiraea* L.) генофонда дендрария ВНИИСПК [Текст] / Г.А. Павленкова // Современное садоводство. № 4. – Орел, 2015. – С. 77-85.
14. Павленкова Г.А., Емельянова О.Ю. Оценка перспективности красивоцветущих кустарников рода *Spiraea* L. генофонда дендрария ВНИИСПК по декоративным качествам [Текст] / Г.А. Павленкова, О.Ю. Емельянова // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2019. – Т. 6 – № 2. – С. 59-63.
15. Терешкин А.В., Азарова О.В. Влияния экологических факторов на устойчивость и декоративность спирей [Текст] / А.В. Терешкин, О.В. Азарова // Агрофорсайт, № 5. – 2020. – С. 35-39.
16. Рытикова О.В., Ростовцева М.В., Мазей Н.Г., Фатюнина (Вяль) Ю.А. Интродукция древесно-кустарниковых растений семейства *Rosaceae* Juss. в дендрарии Пензенского ботанического сада имени И.И. Спрыгина [Текст] / О.В. Рытикова, М.В. Ростовцева, Н.Г. Мазей, Ю.А. Фатюнина (Вяль) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 23–34.
17. Крекова Я.А., Залесов С.В., Чеботько Н.К. Комплексная оценка декоративности спирей (*Spiraea* L.) в северной части Казахстана [Текст] / Я.А. Крекова, С.В. Залесов, Н.К. Чеботько // Природообустройство. – 2025. – № 4. – С. 125-132. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-125-132>.
18. Костикова В., Ступникова Т., Воробьева А. Спиреи на Амуре [Текст] / В. Костикова, Т. Ступникова, А. Воробьева // Селекция и коллекции. – 2023. – С. 43-45.
19. Махрова Т.Г., Сапелин А.Ю. Методы оценки декоративности красивоцветущих кустарников в зеленых насаждениях ВДНХ [Текст] / Т.Г. Махрова, А.Ю. Сапелин // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов: материалы X международного форума, Благовещенск – Хэйхэ, том 2, часть 2. – Благовещенск – Хэйхэ: Дальневосточный ГАУ. – 2019. – С. 152-155.
20. Смирнова А.Н., Зайнуллина К.С. Особенности вегетации, цветения и плодоношения видов рода *Spiraea* L. при культивировании на европейском северо-востоке (Республика Коми) [Текст] / А.Н. Смирнова, К.С. Зайнуллина // Самарский научный вестник. – 2018. Том 7, – № 2 (23). – С. 115-120.
21. Александрова М.Н. Прекрасная и изящная [Текст] / М.Н. Александрова // Ландшафтный дизайн. – 2009. – № 4, – С. 83-86.
22. Энциклопедия декоративных садовых растений [Электронный ресурс]. – М. – 2005. – Режим доступа: <http://flower.onego.ru> (дата доступа: 03.11.2025).
23. Полякова Н.В., Мурзабулатова Ф.К. Декоративные кустарники в ландшафтных композициях [Текст] / Н.В. Полякова, Ф.К. Мурзабулатова // Hortus bot. 2017. – Т. 2. – С. 761-771. URL:<http://hb.karelia.ru/journal/atricle.php?id=4128>. DOI: 10.15393/j4.art.2017.4128.

REFERENCES:

1. Babich N.A., Karbasnikova E.B., Andronova M.M., Zalyvskaya O.S., Aleksandrova Yu.V. Osnovny'e podhody' razvitiya stupenchatoj introdukcii v severny'e shirot'y' [The main approaches to the development of stepwise introduction into northern latitudes]. *Trudy' po introdukcii i akklimatizacii rastenij. Udmurtskij federal'ny'j issledovatel'skij centr Ural'skogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk*, vol. 1, iss. 1, Izhevsk, FGBUN «Udmurtskij federal'ny'j issledovatel'skij centr Ural'skogo otdeleniya RAN», 2021, pp. 17-19. (In Russian)
2. Chernolih V.V. Analiz izmenchivosti predstavitelej roda spireya (*Spiraea* L.) v svyazi s razrabotkoj metodiki ocenki dekorativny'h kachestv [Analysis of the variability of representatives of the genus *Spiraea* (*Spiraea* L.) in connection with the development of a methodology for assessing decorative qualities]. Abstract of PhD thesis, Moscow, 2016, 23 p. (In Russian)
3. Plotnikova L.S. Spireya v prirode i kul'ture [Spiraea in nature and culture]. *Informaciya – lesny'e kul'tury*, no. 4., VNIILM 80 let, 2014, pp. 54-58. (In Russian)
4. Abramchuk A.V., Kartasheva G.G., Karpuhin M.Yu. Sadovo-parkovoe i landshaftnoe iskusstvo [Garden and park and landscape art]. Yekaterinburg, 2013, 612 p. (In Russian)
5. Savvina T.D., Astashina S.I., Gomzyakova E.O. Izuchenie biologicheskikh i morfologicheskikh osobennostej dekorativny'h kustarnikov [Study of biological and morphological characteristics of

ornamental shrubs]. *Razvitie nauchnoj, tvorcheskoj i innovacionnoj deyatel'nosti molodezhi. Sbornik statej po materialam X Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molody'h ucheny'h, posvyashhyonnoj 75-letiyu Kurganskoj GSKHA imeni T.S. Malceva*, Kurgan, November 29 2018, Kurgan, Kurganskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya im. T.S. Malceva, 2018. pp. 405-409. (In Russian)

6. **Krapivko E.N. Morfobiologicheskie osobennosti vidov i sortov Spiraea L. pri introdukcii v usloviyah lesostepi** [Morphobiological characteristics of species and varieties of Spiraea L. during introduction in the forest-steppe conditions of the Altai Territory]. Abstract of PhD thesis, Barnaul, 2012, 26 p. (In Russian)

7. **Smirnova Z.I. Perspektivy' ispol'zovaniya mnogochislenny'h vidov i sortov spirej v gorodskom ozelenenii** [Prospects for the use of numerous species and varieties of spirea in urban landscaping]. *Vestnik Universiteta Pravitel'stva Moskvyy'*, 2018, no 1(39), pp. 57-61. (In Russian)

8. **Verzunov A.I. Malovik S.V. Dendropark Nauchno-proizvodstvennogo centra lesnogo hozyajstva** [Arboretum of the Scientific and Production Center of Forestry]. *Almaty, TOO «Bastau»*, 2005, 48 p. (In Russian)

9. **Andronova M.M., Babich N.A., Hamitov R.S. Stupenchataya introdukciya drevesny'h rastenij na severe Russkoj ravniny'** [Stepwise introduction of woody plants in the northern Russian Plain]. *Arhangelsk: Severny'j (Arkticheskij) federal'ny'j universitet imeni M.V. Lomonosova*, 2021, 412 p. (In Russian)

10. **Mingazheva A.M., Churagulova Z.S. Introdukciya drevesny'h i kustarnikovy'h porod: Uchebnoe posobie dlya vuzov** [Introduction of tree and shrub species]. Saint Petersburg, Lan, 2023, 272 p. (In Russian)

11. **Burganskaya T.M., Makoznak N.A., Zelvovich I.K. Itogi introdukcii krasivocvetushhih kustarnikov v e'kspozicii parternoj chasti Botanicheskogo sada Belorusskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta** [Results of the introduction of flowering shrubs into the parterre exhibition of the Botanical Garden of the Belarusian State Technological University]. *Introdukciya, sohranenie i ispol'zovanie biologicheskogo raznoobraziya mirovoj flory'. Materialy' Mezhdunarodnoj Konferencii, posvyashhyonnoj 80-letiyu CBS NAN Belarusi*, June 19-22, 2012, Minsk, Belarus, 2012, ch. 1, pp. 372-376. (In Russian)

12. **Nemova E.M. Dizajn sadovogo uchastka** [Garden plot design]. *Fiton+*, Moscow, 2000, 53 p. (In Russian)

13. **Pavlenkova G.A. Ocenka vidov roda Spireya (Spiraea L.) genofonda dendrariya VNIISPK** [Evaluation of species of the genus Spiraea (Spiraea L.) of the gene pool of the arboretum of the All-Russian Research Institute of Plant Breeding]. *Sovremennoe sadovodstvo*, Orel, no. 4, 2015, pp. 77-85. (In Russian)

14. **Pavlenkova G.A., Emelyanova O.Yu. Ocenka perspektivnosti krasivocvetushhih kustarnikov roda Spiraea L. genofonda dendrariya VNIISPK po dekorativny'm kachestvam** [Evaluation of the potential of flowering shrubs of the genus Spiraea L. from the gene pool of the arboretum of the All-Russian Research Institute of Horticulture and Plant Breeding for decorative qualities]. *Selekciya i sortorazvedenie sadovy'h kul'tur*, 2019, vol. 6, no. 2, pp. 59-63. (In Russian)

15. **Tereshkin A.V., Azarova O.V. Vliyaniya e'kologicheskikh faktorov na ustojchivost' i dekorativnost' spirej** [The influence of environmental factors on the stability and decorativeness of spirea]. *Agroforsajt*, no. 5, 2020, pp. 35-39. (In Russian)

16. **Rytikova O.V. Introdukciya drevesno-kustarnikovy'h rastenij semejstva Rosaceae Juss. v dendrarii Penzenskogo botanicheskogo sada imeni I. I. Sprygina** [Introduction of trees and shrubs of the Rosaceae Juss. family in the arboretum of the I.I. Sprygin Penza Botanical Garden]. *Izvestiya vy'sshih uchebny'h zavedenij. Povolzhskij region. Estestvenny'e nauki*, 2016, no. 1 (13), pp. 23-34. (In Russian)

17. **Krekova Ya.A., Zalesov S.V., Chebotko N.K. Kompleksnaya ocenka dekorativnosti spirej (Spiraea L.) v severnoj chasti Kazahstana** [Comprehensive assessment of the ornamental value of spirea (Spiraea L.) in the northern part of Kazakhstan]. *Prirodoobustrojstvo*, 2025, no. 4, pp. 125-132. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2025-4-125-132>. (In Russian)

18. **Kostikova V., Stupnikova T., Vorobeva A. Spirei na Amure** [Spirea on the Amur]. *Selekciya i kollekcii*, 2023, pp. 43-45. (In Russian)

19. **Mahrova T.G., Sapelin A.Yu. Metody' ocenki dekorativnosti krasivocvetushhih kustarnikov v zeleny'h nasazhdeniyah VDNH** [Methods for assessing the decorative value of flowering shrubs in the green spaces of VDNKh]. *Ohrana i racional'noe ispol'zovanie lesny'h resursov: materialy' X mezhdunarodnogo foruma*, Blagoveshchensk, Hejhe, Dalnevostoch. GAU, 2019, vol. 2, pp. 152-155. (In Russian)

20. **Smirnova A.N., Zajnullina K.S. Osobennosti vegetacii, cveteniya i plodonosheniya vidov roda Spiraea L. pri kul'tivirovanii na evropejskom severo-vostoke (Respublika Komi)** [Features of vegetation, flowering and fruiting of species of the genus Spiraea L. when cultivated in the European north-east (Komi Republic)]. *Samarskij nauchny'j vestnik*, 2018, vol. 7, no. 2 (23), pp. 115-120. (In Russian)

21. **Aleksandrova M.N. Prekrasnaya i izyashhnaya** [Beautiful and graceful]. *Landshaftny'j dizajn*, 2009, no. 4, pp. 83-86. (In Russian)

22. **E'nciklopediya dekorativny'h sadovy'h rastenij** [Encyclopedia of Ornamental Garden Plants]. Moscow, 2005, available at: flower.onego.ru. (accessed 03 November 2025). (In Russian)

23. **Polyakova N.V., Murzabulatova F.K. Dekorativny'e kustarniki v landshaftny'h kompozitsiyah** [Ornamental shrubs in landscape compositions]. *Hortus bot*, 2017, vol. 2, 2017, pp. 761 – 771. Available at: <http://hb.karelia.ru/journal/atricle.php?id=4128>. DOI: 10.15393/j4.art.2017.4128. (accessed 03 November 2025). (In Russian)

Сведения об авторах:

Чеботько Надежда Константиновна* – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, «Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан 021704, г. Щучинск, ул. Кирова, 58, тел.: 87759492158, e-mail: chebotkon@mail.ru.

Крекова Яна Алексеевна – PhD, заведующая отделом интродукции, «Казахский НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации им. А.Н. Букейхана», Республика Казахстан, 021704, г. Щучинск, ул. Кирова, 58, тел.: 87029191930, e-mail: yana24.ru@mail.ru.

Раушан Әрсен Берікұлы – магистрант 2 курса, «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Республика Казахстан, 020000, Кокшетау, ул. Абая, 76, тел.: 87472431108, e-mail: berikuly003@mail.ru.

Чеботько Надежда Константиновна* – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, «Ә.Н.Бөкейхан атындағы Қазақ орман шаруашылығы және агроорман-мелиорация ғылыми-зерттеу институты», Қазақстан Республикасы, 021704, Щучье қ., Киров көш, тел.: 87759492158, e-mail: chebotkon@mail.ru.

Крекова Яна Алексеевна – PhD, селекция бөлімінің меңгерушісі, «Ә.Н. Бөкейхан атындағы Қазақ орман шаруашылығы және агроорман мелиорация ғылыми-зерттеу институты», Қазақстан Республикасы, 021704, Щучье қ., Киров көш, тел.: 87029191930, e-mail: yana24.ru@mail.ru.

Раушан Әрсен Берікұлы – 2 курс магистранты, «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті», Қазақстан Республикасы 020000, Көкшетау қ., Абай көш, 76, тел.: 87472431108, e-mail: berikuly003@mail.ru.

Chebotko Nadezhda Konstantinovna* – Candidate of Agriculture, Leading Researcher, A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Republic of Kazakhstan, 021704, Shchuchinsk, 58 Kirov Str., tel.: 87759492158, e-mail: chebotkon@mail.ru.

Krekova Yana Alekseyevna – PhD, Head of the Plant introduction department, A.N. Bukeikhan Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Republic of Kazakhstan, 021704, Shchuchinsk, 58 Kirov Str., tel.: 87029191930, e-mail: yana24.ru@mail.ru.

Raushan Arsen Berikuly – 2nd year Master student, Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Republic of Kazakhstan, 020000, Kokshetau, 76 Abai Str., tel.: +77472431108, e-mail: berikuly003@mail.ru.

МРНТИ 87.21.07; 68.05.41

УДК 631.41:581.5

<https://doi.org/10.52269/SKVC2621239>

ОСОБЕННОСТИ БИОАККУМУЛЯЦИИ И ТРАНСЛОКАЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА–РАСТЕНИЕ»: ФАКТОРЫ И МЕХАНИЗМЫ

Шынберген Ә.С.* – докторант ОП «8D08101 – Агрономия», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Нугманов А.Б. – к.с.-х.н., декан факультета сельскохозяйственных наук, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Жумалынов К.А. – докторант ОП «8D05101 – Биология», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Казбекова К.А. – магистр педагогических наук по ОП «7M01503 – Химия», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Загрязнение почв тяжёлыми металлами относится к наиболее устойчивым формам деградации агроэкосистем, поскольку металлы не подвергаются биодеструкции и накапливаются в почвенном профиле, постепенно переходя в растения и далее в трофические цепи. Цель обзора – систематизировать современные данные о биоаккумуляции и транслокации тяжёлых металлов в системе «почва–растение» и оценить роль ключевых физико-химических и биологических факторов в их подвижности. Задачи работы включают анализ источников поступления металлов в почву, рассмотрение форм нахождения и биодоступности, описание молекулярных механизмов корневого поглощения и ксилемного транспорта, а также обобщение количественных показателей биоаккумуляции и транслокации. Методология построена на обзоре научных публикаций, индексированных в базах данных Scopus, Web of Science, PubMed и eLibrary, преимущественно за 2011–2025 годы. Основные результаты показывают, что эффективность накопления и транспорта определяется типом металла, кислотностью почвы, содержанием органического вещества, окислительно-восстановительными условиями ризосферы и активностью специфических белков-переносчиков