

**РЕДУКЦИОННЫЕ ЧИСЛА ВЫСОТ ДЕРЕВЬЕВ
В ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА**

© 2025 г. Ю.И. Сухоруких, С.Г. Биганова

*Майкопский государственный технологический университет
Россия, 385006 г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191. E-mail: drsuchor@rambler.ru*

Поступила в редакцию 23.10.2024. После доработки 30.10.2024. Принята к публикации 01.11.2024.

Изучение региональных показателей древесного полога полезащитных лесных полос, одним из которых являются редуционные числа, представляет значительный научный и практический интерес. Для условий Северо-Западного Кавказа такие данные отсутствуют. Цель работы – исследовать закономерность изменения и вычислить значения редуционных чисел высот деревьев в полезащитных лесных полосах региона. Для этого решались задачи, связанные с измерением высот деревьев во внутренних и внешних рядах полезащитных лесных полос, определялись значения редуционных чисел различными методами, создавались модели их изменения от ранга деревьев. Для 5 основных видов заложено 10 пробных площадей по 106-141 особей каждая. Редуционные числа определялись по классической методике Шиффеля, усредненным значениям для групп рангов, также вновь созданным моделям. Величина редуционных чисел не зависела от вида древесных пород ($F = 0.011$, $P = 0.999$), ряда произрастания в полосе ($F = 0.0002$, $P = 0.995$), изменялась параллельно во внутренних и внешних рядах ($T = 0.058$, $P = 0.9528$). Аналогичная тенденция наблюдалась при использовании метода усредненных значений для групп рангов. Редуционные числа высот в полезащитных лесных полосах при сравнении с классическими для массивных лесных насаждений демонстрировали отличие свыше 5% в крайних рангах; с данными Шиффеля – ранг 10 – 5.98, ранг 100 – 10.4, с данными Давидова – ранг 100 – 10.4%. Это указывает на необходимость уточнения значений редуционных чисел для изучаемых объектов. Разработана адекватная модель ($R^2 = 1$), и на её основе вычислены новые значения редуционных чисел высот деревьев, произрастающих в полезащитных лесных полосах Северо-Западного Кавказа.

Ключевые слова: редуционные числа, полезащитные лесные полосы, высота, лесные виды, внутренние и внешние ряды, ранг дерева, модели, методики.

DOI: 10.24412/1993-3916-2025-1-136-142

EDN: BSOYMF

Полезащитным лесным полосам принадлежит важная роль в обеспечении устойчивости агроландшафтов и окружающих территорий в малолесных и аридных регионах (Кулик и др., 2018; Танюкевич и др., 2020). Они снижают экстремальные факторы среды, предотвращают деградацию почв (Чевердин и др., 2023; Kulik et al., 2023; Mikhin et al., 2020), повышают урожайность и качество сельскохозяйственной продукции (Панфилова и др., 2019; Elevitch et al., 2018; Sparovek et al., 2015), способны производить продукты питания, техническое сырье и древесину (Кулик и др., 2018; Сухоруких, Биганова, 2003; Sarah et al., 2023), продуцируют кислород и депонируют углерод, создают благоприятные для человека условия жизни (Kulik et al., 2023).

При изучении этих объектов значительное внимание уделяется исследованию особенностям особо важного параметра – высоты древесного полога, одним из показателей которого являются редуционные числа (Грибачева и др., 2020). Они определяются из соотношения показателя конкретного дерева к среднему (Анучин, 1971). В экологических и лесных исследованиях редуционные числа используются для построения таблиц хода роста (Pasternak, Bugayov, 2016), изучения структурно-функциональной организации насаждений, оценки потребности растений в освещенности (Галако и др., 2017), выделения яруса (Pasternak, Bugayov, 2016), при оценке перспективных генотипов (Бондаренко, Жигунов, 2020).

Отмечается, что зависимость значений редуционных чисел от ранга деревьев хорошо

отображается моделью в виде параболы третьего порядка (Галако и др., 2017). В качестве классических табличных для лесных массивов обычно используются редуциционные числа Шиффеля и Давидова (Анучин, 1971; Галако и др., 2017; Грибачева и др., 2020). В зависимости от условий и вида лесных насаждений табличные значения вышеотмеченных авторов могут отличаться от вычисленных для конкретных условий (Галако и др., 2017; Костышев, Соловьев, 2016; Соловьев, Данилов, 2017), а потому они требуют корректирования (Сальникова, Николаева, 2019). В отношении редуциционных чисел высот деревьев для полегающих лесных полос Северо-Западного Кавказа такие работы к настоящему времени не выполнены.

Цель исследования – выявить закономерность изменения и значения редуциционных чисел высот деревьев в полегающих лесных полосах на Северо-Западном Кавказе. Для решения поставленной цели решались задачи по определению высот деревьев различных видов в крайних и срединных рядах полегающих лесных полос, вычислялись редуциционные числа, проводилась статистическая обработка данных.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись полегающие лесные полосы, расположенные в центральной части Северо-Западного Кавказа на территории Республики Адыгея и прилегающих районов Краснодарского края. Растительный состав представлен наиболее распространенными видами в полегающих лесных полосах региона, такими как дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), гледичия трёхколючковая (*Gleditschia triacanthos* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.), ясень ланцетный (*Fraxinus lanceolata* B.). Возраст растений составил 27-65 лет. Заложено 10 пробных площадей по 106-141 особей в каждой. Выбранные объекты имеют хорошее состояние и произрастают по 1А-1 бонитету. Измерение высот осуществляли высотомером. Значения редуциционных чисел вычисляли по методике Шиффеля (Анучин, 1971) и усредненным значениям для групп рангов (Галако и др., 2017). Статистическую обработку данных производили по методам А.П. Кулаичева (2006) и Р.А. Шмойловой с соавторами (2004) с использованием программы Stadia 8.0 для Windows, графическое построение осуществляли в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Значения редуциционных чисел высот деревьев в зависимости от ранга при произрастании в разных рядах полегающей лесной полосы представлены в таблице 1.

Как следует из полученных данных в таблице 1, наибольшие отличия редуциционных чисел для одних и тех же пород, произрастающих во внутренних или внешних рядах, наблюдались в крайних рангах, но с учетом знака среднее отклонение составило 1.16%. При этом статистический анализ изучаемых массивов данных для всех рангов не выявил достоверного отличия между ними: дуб – $F = 0.011$, $P = 0.988$, гледичия – $F = 0.011$, $P = 0.988$, ясень обыкновенный – $F = 0.008$, $P = 0.99$, акация – $F = 5.053E-5$, $P = 0.995$, ясень ланцетный – $F = 0.071$, $P = 0.942$. Также для внутренних и внешних рядов процесс изменения редуциционных чисел протекал параллельно, а значения коэффициентов наклона не имели статистического отличия: дуб – $T = 1.26$, $P = 0.222$, гледичия – $T = 0.477$, $P = 0.6434$, ясень обыкновенный – $T = 0.583$, $P = 0.573$, акация – $T = 1.369$, $P = 0.185$, ясень ланцетный – $T = 1.128$, $P = 0.274$. Факторный анализ аналогично не выявил зависимости изменения редуциционных чисел от вида древесных пород ($F = 0.011$, $P = 0.999$) и между рядами ($F = 0.0002$, $P = 0.995$), а изменение их средних значений по всем породам для внешних и внутренних рядов протекало параллельно ($T = 0.058$, $P = 0.9528$).

Учитывая сходные процессы изменения редуциционных чисел, определенных по методике Шиффеля, и отсутствие статистического различия между их значениями в зависимости от ряда и породы, вычислены средние величины по всем породам (табл. 1) и построена модель (1) изменения от ранга дерева:

$$Y = 0.000001448 \cdot x^3 - 0.0002232 \cdot x^2 + 0.0134 \cdot x + 0.7098, R^2 = 0.99987 \quad (1),$$

где Y – значение редуциционного числа, x – ранг дерева.

На основании модели (1) вычислены соответствующие редуциционные числа (табл. 3). Сравнение вычисленных по методике Шиффеля средних значений редуциционных чисел для полегающих лесных полос с классическими для лесных участков (табл. 1) не выявило статистического отличия между их массивами и углами наклона изменения прямых: для данных Шиффеля $F = 0.4834$,

$P = 0.6388$, $T = 1.075$, $P = 0.2967$; для Давидова $F = 0.3921$, $P = 0.7006$, $T = 2$, $P = 0.0581$.

Таблица 1. Значения редуccionных чисел высот деревьев и их отличие в зависимости от ряда в поlezащитных лесных полосах (метод Шиффеля).

Порода, положение ряда в полосе	Ранг дерева										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Дуб черешчатый, внутренний ряд	0.670	0.858	0.922	0.956	0.968	0.991	1.037	1.054	1.094	1.152	1.210
Дуб черешчатый, внешний ряд	0.727	0.797	0.879	0.917	0.974	1.006	1.031	1.082	1.139	1.183	1.252
Отличия между рядами, %	-8.57	7.14	4.60	4.08	-0.66	-1.51	0.56	-2.61	-4.03	-2.67	-3.53
Среднее по породе	0.70	0.83	0.90	0.94	0.97	1.00	1.03	1.07	1.12	1.17	1.23
Гледичия внутренний ряд	0.687	0.857	0.904	0.952	0.968	0.984	1.010	1.063	1.089	1.137	1.327
Гледичия внешний ряд	0.751	0.843	0.920	0.940	0.976	0.996	1.022	1.063	1.098	1.144	1.303
Отличия между рядами, %	-9.24	1.60	-1.70	1.24	-0.83	-1.29	-1.16	0.02	-0.83	-0.65	1.85
Среднее по породе	0.72	0.85	0.91	0.95	0.97	0.99	1.02	1.06	1.09	1.14	1.32
Ясень обыкновенный, внутренний ряд	0.725	0.838	0.898	0.952	0.980	1.002	1.053	1.071	1.084	1.139	1.217
Ясень обыкновенный, Внешний ряд	0.672	0.797	0.906	0.956	0.986	1.021	1.046	1.076	1.096	1.145	1.195
Отличия между рядами, %	7.20	4.96	-0.97	-0.40	-0.65	-1.84	0.64	-0.46	-1.03	-0.55	1.76
Среднее по породе	0.70	0.82	0.90	0.95	0.98	1.01	1.05	1.07	1.09	1.14	1.21
Акация белая внутренний ряд	0.670	0.835	0.874	0.907	0.960	0.986	1.025	1.058	1.124	1.177	1.420
Акация белая внешний ряд	0.719	0.854	0.906	0.958	0.981	0.996	1.018	1.033	1.086	1.131	1.348
Отличия между рядами, %	-7.21	-2.25	-3.63	-5.65	-2.21	-1.00	0.69	2.36	3.41	3.91	5.08
Среднее по породе	0.69	0.84	0.89	0.93	0.97	0.99	1.02	1.05	1.10	1.15	1.38
Ясень зеленый внутренний ряд	0.757	0.873	0.926	0.949	0.967	0.996	1.025	1.048	1.077	1.135	1.252
Ясень зеленый внешний ряд	0.631	0.830	0.911	0.935	0.964	1.011	1.034	1.057	1.110	1.139	1.349
Отличия между рядами, %	16.66	5.03	1.57	1.52	0.28	-1.50	-0.89	-0.88	-3.03	-0.32	-7.79
Среднее по породе	0.69	0.85	0.92	0.94	0.97	1.00	1.03	1.05	1.09	1.14	1.30
Среднее по всем породам	0.701	0.838	0.905	0.942	0.972	0.999	1.030	1.060	1.100	1.148	1.272
Редуccionные числа Шиффеля	0.680	0.788	0.866	0.911	0.947	0.978	1.004	1.030	1.056	1.092	1.140
Отличия от среднего по всем породам, %	2.99	5.98	4.27	3.32	2.59	2.08	2.53	2.88	3.98	4.90	10.40
Редуccionные числа Давидова	0.725	0.819	0.870	0.918	0.945	0.970	1.000	1.020	1.050	1.100	1.140
Отличия от среднего по всем породам, %	-3.42	2.29	3.83	2.58	2.80	2.88	2.92	3.82	4.53	4.20	10.40

Это указывает на сходную закономерность формирования древесного полога между объектами изучения. Однако при попарном сравнении с данными Шиффеля в 2 случаях отличие превысило допустимые для научных исследований 5% (для ранга 10 – 5.98, ранг 100 – 10.4%), а с данными Давидова – 1 случай (ранг 100 – 10.4%). Это указывает на необходимость уточнения значений редуccionных чисел высот деревьев для поlezащитных лесных полос региона исследований.

Для повышения точности вычисления редуccionных чисел рекомендуется определять их

средние значения для каждой из 10 групп рангов (Сухоруких, Биганова, 2003). Вычисленные данным методом 2 редуцированные числа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения редуцированных чисел высот деревьев и их отличие в зависимости от древесной породы и ряда в полезационных лесных полосах (метод 2 - усредненные группы рангов).

Порода, положение ряда в полосе	Ранг дерева									
	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
Дуб, внутренний ряд	0.803	0.893	0.937	0.959	0.979	1.013	1.047	1.068	1.123	1.178
Дуб, внешний ряд	0.762	0.843	0.899	0.940	0.993	1.022	1.063	1.114	1.159	1.227
Отличия между рядами, %	5.07	5.58	3.97	2.03	-1.40	-0.84	-1.46	-4.29	-3.25	-4.08
Среднее по породе	0.782	0.868	0.918	0.949	0.986	1.018	1.055	1.091	1.141	1.202
Гледичия, внутренний ряд	0.793	0.884	0.930	0.962	0.975	1.004	1.044	1.075	1.118	1.200
Гледичия, внешний ряд	0.800	0.886	0.929	0.962	0.987	1.008	1.043	1.081	1.121	1.184
Отличия между рядами, %	-0.85	-0.19	0.06	-0.01	-1.19	-0.37	0.13	-0.56	-0.29	1.40
Среднее по породе	0.796	0.885	0.930	0.962	0.981	1.006	1.044	1.078	1.119	1.192
Ясень обыкновенный, внешний ряд	0.726	0.857	0.933	0.972	1.008	1.043	1.064	1.092	1.118	1.171
Ясень обыкновенный, внутренний ряд	0.791	0.873	0.935	0.963	0.989	1.029	1.061	1.079	1.098	1.189
Отличия между рядами, %	-9.06	-1.91	-0.19	0.96	1.89	1.37	0.24	1.16	1.80	-1.49
Среднее по породе	0.758	0.865	0.934	0.967	0.999	1.036	1.063	1.085	1.108	1.180
Акация белая, внешний ряд	0.804	0.884	0.936	0.965	0.988	1.008	1.024	1.064	1.105	1.214
Акация белая, внутренний ряд	0.773	0.859	0.892	0.941	0.977	1.014	1.047	1.081	1.145	1.271
Отличия между рядами, %	3.85	2.87	4.72	2.49	1.18	-0.61	-2.24	-1.63	-3.61	-4.71
Среднее по породе	0.788	0.872	0.914	0.953	0.983	1.011	1.036	1.073	1.125	1.242
Ясень зеленый, внешний ряд	0.742	0.880	0.927	0.954	0.989	1.027	1.049	1.080	1.122	1.200
Ясень зеленый, внутренний ряд	0.836	0.900	0.939	0.958	0.984	1.007	1.041	1.063	1.114	1.173
Отличия между рядами, %	-12.66	-2.33	-1.34	-0.49	0.56	1.93	0.68	1.53	0.67	2.22
Среднее по породе	0.789	0.890	0.933	0.956	0.986	1.017	1.045	1.071	1.118	1.187
Среднее по породам	0.783	0.876	0.926	0.957	0.987	1.017	1.048	1.080	1.122	1.201

Как следует из данных в таблице 2, в некоторых случаях средние значения редуцированных чисел для групп рангов имеют отличия более 5% между рядами одних и тех же древесных видов (ранг 5 – 3, ранг 15 – 1 случай из 10). В остальных различие по модулю не превысило 0.01-4.71%. На основании средних между рядами редуцированных чисел построена соответствующая модель (2) их зависимости от ранга дерева (Бондаренко, Жигунов, 2020).

$$Y = 0.000001076 \cdot x^3 - 0.0001666 \cdot x^2 + 0.01099 \cdot x + 0.7366, R^2 = 0.99829 \quad (2).$$

В соответствии с моделью (2) определены теоретические значения редуccionных чисел для соответствующих рангов (табл. 3).

Как следует из данных в таблице 3, отличие редуccionных чисел, вычисленных по моделям (1) и (2) составляло по модулю 0.13-3.78%. Между массивами этих данных не выявлено достоверного статистического отличия: $d = 0.0021 \pm 0.00345$, $t_{\phi} = 0.61$, $t_{0.01} = 3.11$. Это дает основание для предположения, что использование среднего между ними позволит создать более точную адекватную модель. Такие показатели были вычислены, и на их основе построена модель (3) (рис.).

Таблица 3. Значения и отличия редуccionных чисел, вычисленных по различным моделям.

Модели	Ранг дерева										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Модель (1)	0.710	0.823	0.900	0.950	0.981	1.003	1.023	1.051	1.095	1.163	1.266
Модель (2)	0.737	0.831	0.898	0.945	0.979	1.004	1.029	1.059	1.100	1.161	1.246
Отличия (1) от (2)	-3.78	-0.97	0.19	0.48	0.29	-0.13	-0.55	-0.75	-0.53	0.24	1.60
Модель (3)	0.723	0.827	0.899	0.948	0.980	1.004	1.026	1.055	1.098	1.163	1.256
Отличия модели (3) от данных Шиффеля	5.97	4.71	3.71	3.89	3.38	2.56	2.16	2.37	3.82	6.07	9.25
Отличия модели (3) от данных Давидова	-0.25	0.96	3.26	3.15	3.58	3.36	2.55	3.32	4.37	5.38	9.25

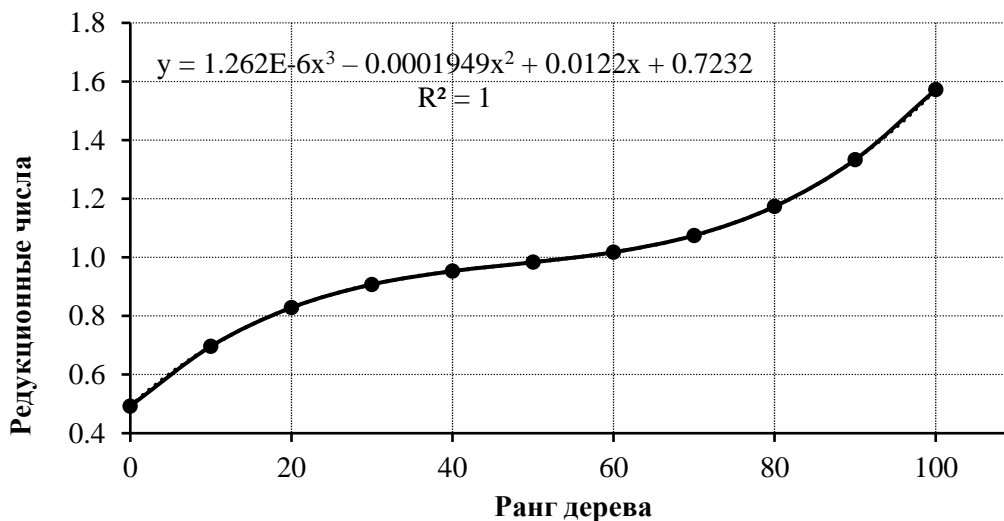


Рис. Модель (3): изменение значений редуccionных чисел, вычисленных по средним значениям моделей (1) и (2) в зависимости от ранга деревьев.

Как следует из рисунка, вычисленная модель (3) обеспечивает полную ($R^2 = 1$) статистическую связь между редуccionными числами и рангом дерева.

По модели (3) определили теоретические значения редуccionных чисел и сравнили их с классическими (табл. 3). Результаты показывают, что и в данном случае тенденция отличия значений редуccionных чисел в пределах более 5% для ранга 90 и 100 сохраняется в полезащитных лесных полосах по сравнению с лесными участками для обеих классических вариантов. Кроме того, при сравнении с данными Шиффеля дополнительно наблюдается отличие в 5.97% и для ранга 0.

Это подтверждает необходимость корректировки показателя. Учитывая созданную адекватную модель 3, вычисленные по ней значения редуцированных чисел возможно рекомендовать при исследовании полезащитных лесных полос в регионе Северо-Западного Кавказа.

Выводы

1. Значения редуцированных чисел высот в полезащитных лесных полосах не зависят от видового состава древесной породы и ряда, а процесс их изменения протекает параллельно.
2. Сравнение вычисленных редуцированных чисел высот деревьев для полезащитных лесных полос и классических (Шиффеля и Давидова) для лесных участков выявило общие закономерности их изменения и отличие свыше 5% для крайних рангов.
3. Для полезащитных лесных полос Северо-Западного Кавказа вычислена адекватная модель и предложены уточненные значения редуцированных чисел высот деревьев в зависимости от ранга.

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FZRG-2024-0012 «Фундаментальные закономерности фиторазнообразия и экологических особенностей горных лесов юга России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анучин Н.П. 1971. Лесная таксация. 3-е изд., испр. и доп. М: Лесная промышленность. 512 с.
- Бондаренко А.С., Жигунов А.В. 2020. Оптимальный возраст оценки генетических свойств плюсовых деревьев в испытательных культурах ели европейской // Лесоведение. № 5. С. 442-450.
- Галако В.А., Шавнин С.А., Власенко В.Э., Голиков Д.Ю., Монтиле А.А. 2017. Особенности морфологической структуры сосновых древостоев пригородных насаждений г. Екатеринбурга // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. № 5 (67). С. 88-90.
- Грибачева О.В., Чернодубов А.И., Сотников Д.В. 2020. Динамика рангового распределения деревьев по высоте в полезащитной полосе с участием дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и клёна остролистного (*Acer platanoides* L.) // Лесотехнический журнал. Т. 10. № 1 (37). С. 15-25.
- Костышев В.В., Соловьев В.М. 2016. Строение и формирование сосновых молодняков искусственного происхождения на Среднем Урале // Аграрный вестник Урала. № 1 (143). С. 59-61.
- Кулаичев А.П. 2006. Методы и средства комплексного анализа данных. 4-е изд., перераб. и доп. М: Форум, ИНФРА-М. 512 с.
- Кулик К.Н., Иванов А.Л., Рулев А.С., Свинцов И.П., Павловский Е.С., Петров В.И., Барабанов А.Т. 2018. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года. Изд. переработ. и доп. Волгоград: Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН. 36 с.
- Панфилова Е.Г., Проездов П.Н., Панфилов А.В., Розанов А.В., Исаев Н.К. 2019. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от воздействия системы лесных полос и минеральных удобрений в условиях чернозема южного Приволжской возвышенности // Аграрный научный журнал. № 7. С. 28-33.
- Сальникова И.С., Николаева А.В. 2019. Рост и строение еловых и берёзовых древостоев Среднего Урала // Леса России и хозяйство в них. № 4 (71). С. 4-10.
- Соловьев В.М., Данилов К.В. 2017. Комплексная оценка строения и формирования сосновых древостоев различных типов леса подзоны южной тайги Среднего Урала // Леса России и хозяйство в них. № 3 (62). С. 10-18.
- Сухоруких Ю.И., Биганова С.Г. 2003. Селекция ореха грецкого для полезащитного лесоразведения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия «Естественные науки». № S12. С. 60-63.
- Танюкевич В.В., Рулев А.С., Бородычев В.В., Тюрин С.В., Хмелева Д.В., Кваша А.А. 2020. Продуктивность и природоохранная роль полезащитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* Прикубанской равнины. // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. № 6 (378). С. 88-97.
- Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Титова Т.В. 2023. Изменение показателей эффективного плодородия почв Каменной Степи под влиянием лесных полос различной ландшафтной принадлежности // Агрехимия. № 9. С. 3-13.
- Шмойлова Р.А., Минашкин В.Г., Садовникова Н.А., Шувалова Е.Б. 2004. Теория статистики. 4-е изд., перераб. и доп. / Ред. Р.А. Шмойлова. М.: Финансы и статистика. 656 с.
- Elevitch C.R., Mazaroli D.N., Ragone D. 2018. Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture // Sustainability. No. 10. P. 33-37.
- Kulik K.N., Belyaev A.I., Pugacheva A.M. 2023. The Role of Protective Afforestation in Drought and Desertification Control in Agro-Landscapes // Arid Ecosystems. Vol. 13. No. 1. P. 1-10.

- Mikhin V.I., Taniykevich V.V., Mikhina E.A.* 2020. Growth and Ameliorative Role of Protective Plantation in Conditions of Forest-Steppe Zone // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Forestry Forum “Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions”. No. 595. P. 012045.
- Pasternak V., Bugayov S.* 2016. Peculiarities of the Taxation Structure of Alder Stands of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво. No. 238. P. 39-48.
- Sparovek G., Barretto A.G. de O.P., Matsumoto M., Berndes G.* 2015. Effects of Governance on Availability of Land for Agriculture and Conservation in Brazil // Environmental Science and Technology. Vol. 49. No. 17. P. 10285-10293.