

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА / MELIORATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.1>

ЛЕСНЫЕ ПОЛОСЫ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГО-ВОСТОКА ЦЧЗ

Научная статья

**Чевердин Ю.И.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9905-0547;

<sup>1</sup> Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, Воронеж, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (cheverdin62[at]mail.ru)

**Аннотация**

Проведенными исследованиями изучено состояние засоленности под старовозрастной лесной полосой в современных условиях. Для оценки степени засоленности заложен ключевой участок в пределах землепользования стационара «Каменная Степь» (Воронежский ФАНЦ). В качестве объекта исследований служила лесная полоса возрастом 60 лет. При посадке лесная полоса разделена на секции. Засоленность изучалась под кленом и лиственницей. По материалам полевых работ построены профили изменения концентрации солей натрия и хлора, пространственная модель изменения засоленности в зависимости от породного состава древесных культур. Установлено формирование засоленных горизонтов на глубине ниже 170 см. Более высокая степень концентрации солей отмечается под древостоем клена остролистного до 30-65 ммоль/л. В черноземах под лиственницей засоленность выражена менее заметно, но выше прилегающих фоновых почв. По глубине залегания горизонта с повышенной концентрацией солей почвы относятся глубокозасоленным.

**Ключевые слова:** лесная полоса, породный состав, чернозем, натрий, хлор.

FOREST BELTS AS A FACTOR OF CHANGE IN SALINITY OF BLACK SOILS IN THE SOUTH-EAST OF THE CBSZ

Research article

**Cheverdin Y.I.<sup>1,\*</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0000-0002-9905-0547;

<sup>1</sup> V. V. Dokuchaev Voronezh Federal Agricultural Research Center, Voronezh, Russian Federation

\* Corresponding author (cheverdin62[at]mail.ru)

**Abstract**

The research has studied the state of salinity under the old-growth forest belt in modern conditions. To evaluate the degree of salinity, a key site within the land use of the station "Kamennaya Steppe" (Voronezh FASC) was established. A forest strip of 60 years old served as an object of research. At planting, the forest belt was divided into sections. Salinity was studied under maple and larch. Profiles of sodium and chlorine salt concentration change, spatial model of salinity change depending on the species composition of tree crops were constructed based on the materials of field works. Formation of saline horizons at the depth below 170 cm was established. A higher degree of salt concentration is observed under the stands of oyster maple up to 30-65 mmol/l. In chernozems under larch, salinity is less pronounced, but higher than adjacent background soils. According to the depth of occurrence of horizon with increased salt concentration, soils are referred to deep saline soils.

**Keywords:** forest belt, species composition, black soil, sodium, chlorine.

**Введение**

В научной литературе имеются многочисленные подтверждения положительного влияния посадки лесных полос на свойства почв и на агроландшафты в целом [2], [4], [11].

Лесные полосы играют существенную роль в оптимизации современных исконно безлесных территорий. В зоне их влияния улучшаются показатели плодородия. Нельзя не отметить противоэрозионное значение лесных насаждений в регионах подверженных эрозионным процессам [2]. Немаловажную роль им принадлежит в нормировании снежного покрова в агроландшафтах [5], [6]. Лесные полосы имеют важно агромелиоративное значение, повышающие продуктивность пахотных угодий агроландшафта [9].

Древесные породы имеют различную устойчивость к засолению, сохранность и долговечность [10].

На накопления солей в почвенном профиле может оказывать влияние почвообразующие породы, опад растений, осадки и др. [7]. Засоленность почв зависит от произрастающей на ней растительности, отмечаются различия между степным и луговым разнотравьем [3].

Цель исследований – изучить характер засоленности черноземов под лесными полосами различного породного состава ЦЧЗ.

**Методика исследований**

Полевые и лабораторные исследования проведены в условиях юго-востока ЦЧЗ (Воронежском ФАНЦ, Каменная Степь). Почвенный покров опытного участка представлен сочетанием чернозема миграционно-мицелярного, чернозема глинисто-иллювиального и чернозема зоотурбированного. Объект – полезащитная лесная полоса №211. Автор Павловский Е.С. Год закладки – 1961 г., проведения наблюдений – 2021 г. Ширина при посадке 22 м. Деревья

высажены диагонально-групповым способом. В настоящее время за счет разросшихся опушек ширина её составляет 30 м. Опыты заложены в двух секциях лесной полосы. Первая представлена древостоем лиственницы обыкновенной с формулой древостоя 10 Лс. Число стволов на гектаре 1220 шт., полнота древостоя 1,1, запас древесины – 195 м<sup>3</sup>/га. Процент сухих деревьев – 0,5%. Вторая – кленом остролистным с формулой 10Кл. Число стволов на гектаре 860 шт., полнота древостоя 0,77, запас древесины - 136 м<sup>3</sup>/га. Расстояние между рядами 2,5м. Процент сухих деревьев – 0,3% [1]. Ширина дороги между лесной полосой и прилегающей пашней к южной опушки около 10 м. С северной опушки поле непосредственно примыкает к лесной полосе. Почвенные образцы отбирались до глубины 300 см из буровых скважин. Скважины закладывались в пространстве по регулярной сетке с шагом 15x25м. Скважины заложены на двух опушках и центральной осевой части. Всего пробурено 12 скважин. Образцы отбирались по глубинам 0-20; 20-40; 40-60...280-300 см. Засоленность оценивали в 50% почвенной пасте по активности иона натрия и хлора [9]. Ионномер И-160. Электроды ЭЛИС-112 Na и ЭЛИС-131 Cl. Градация степени засоленности: для натрия ммоль/л – <12 не засоленные, 12-30 – слабозасоленные, 30-60 – средnezасоленные, 60-150 – сильнозасоленные и >150 очень сильно засоленные. Для хлора – <2 незасоленные, 2-10 – слабозасоленные, 10-25 – средnezасоленные, 25-70 – сильнозасоленные и >70 очень сильнозасоленные.

### Результаты исследований

Анализ активности натрия указывает на наличие слабозасоленных почвенных горизонтов, начиная с глубины 180 см. Верхние горизонты (0-120 см) имеют незначительное количество натрия. Они являются формально незасоленными. Его активность изменяется в пределах 0,49±0,06 - 1,08±0,09 ммоль/л (рис.1). Изменение засоленности отмечается с глубины 120-150 см. Содержание натрия увеличивается до 2,00±0,35 - 2,50±0,93 ммоль/л. С глубиной отмечается постепенное увеличение концентрации натрия. В горизонтах ниже 180-200 см достигают уровня слабозасоленных значений по существующей градации. В слое чернозема 220-240 см величина натрия составляет в среднем 16,00±3,09 - 26,60±3,76 ммоль/л. В нижележащих почвенных горизонтах данный показатель достигает величин порядка 35,20±4,37.

Необходимо отметить важную закономерность - существенное различие засоленности под деревьями разных биологических групп – хвойными и лиственными. Более высокая степень засоленности характерна для почвенных горизонтов чернозема, занятых кленом остролистным. Различия начинают отмечаться с глубины 160 см. В горизонте 150-170 см количество натрия отмечено на уровне 6,22±1,43 ммоль/л. В черноземе занятом лиственницей оно было заметно ниже – 4,88±1,10 ммоль/л. Максимальный уровень концентрации натрия выявлен на глубине 220-300 см. При этом под кленом количество натрия составило 34,30±4,54- 35,20±4,37 ммоль/л, а под лиственницей всего 18,70±3,72 - 20,00 ±3,77 ммоль/л.

Распределение хлоридов имело несколько иную картину как по профилю почвы, так и в зависимости от произрастающей растительности. Общей закономерностью, как для натрия, так и хлора можно отметить формирование слабозасоленных почвенных горизонтов на глубине ниже 170 см (рис.1). В слое почвы 170-200 см концентрация хлора составляла 2,12±0,50 - 2,40±1,48 ммоль/л. Максимальные значения характерны для почвенных горизонтов на глубине 220-240 см - 3,17±1,22 ммоль/л. В нижележащих горизонтах почвы величина хлоридов снижалась до градации незасоленных разновидностей. При этом в профильном распределении содержания хлоридов необходимо отметить незначительное превалирование черноземных почв под лиственницей в гумусовых горизонтах. С глубины 170-200 см преимущество свойственно кленовым насаждениям

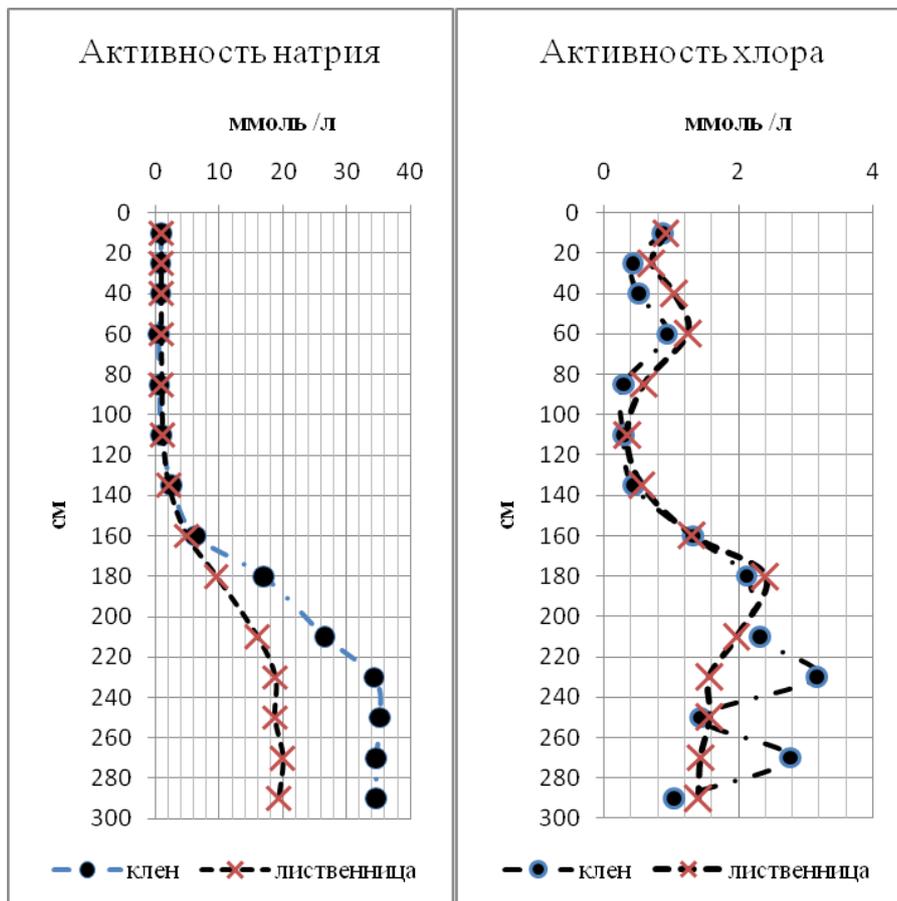


Рисунок 1 - Активность иона натрия и хлора по профилю почвы  
DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.1.1>

Представляет интерес анализ пространственного изменения распределения содержания хлоридов и натрия почвенному профилю. В верхних горизонтах почвы не выявлено существенных различий в засоленности почв (рис 2. в). Наиболее заметные различия проявляются с глубины 170-200 см. Можно выделить зоны со слабой степенью засоленности натрием с южной опушки и в центральной части лесной полосы (рис 2. б). Эти зоны приурочены к черноземам, занятых кленом остролистным. Под лиственницей процессы дифференциации засоленности натрием менее выражены. Наиболее существенные и контрастные различия характерны для глуболежащих почвенных горизонтов. Под насаждением клена выражены зоны с повышенной концентрацией натрия в центральной и южной части лесного насаждения (горизонт 280-300 см, рис. 2 а). Его величина варьирует от 30 до 65 ммоль/л. Эти горизонты уже можно классифицировать как средnezасоленные по натрию. На северной опушке его содержание заметным образом снижается, особенно в черноземах под лиственницей.

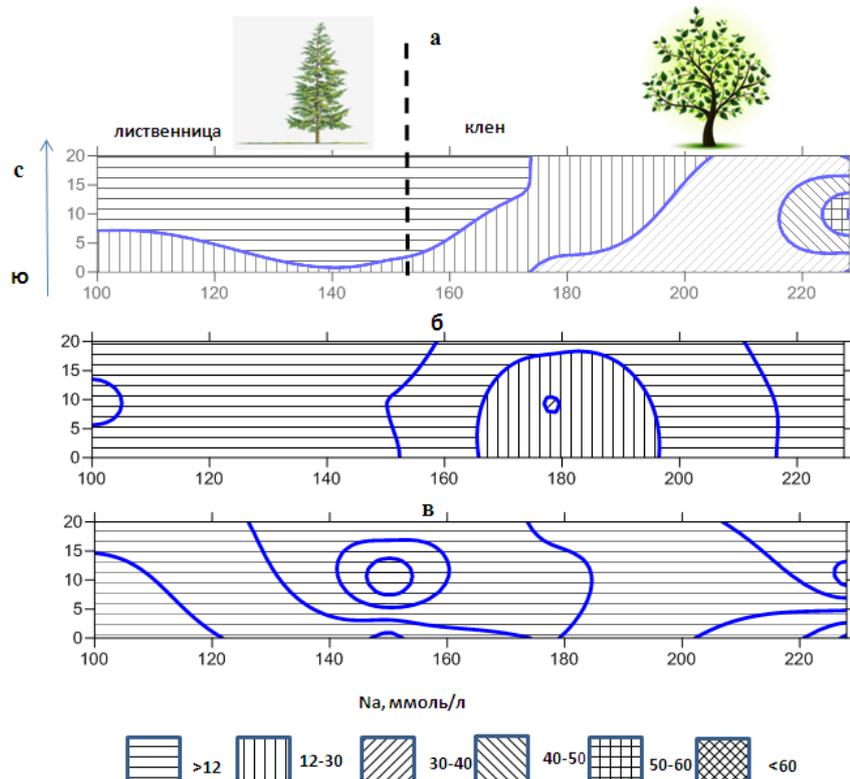


Рисунок 2 - Содержание натрия под древесными культурами:  
 а - горизонт почвы 280-300 см; б - горизонт 170-200 см; в - горизонт 0-20 см  
 DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.1.2>

*Примечание: по осям x и y приведено расстояние в метрах*

Пространственное распределение хлоридов свидетельствует об варьировании их количества в пространстве, определяемое произрастающей растительностью. В верхнем слое почвы 0-20 см можно отметить ареалы с более высокой концентрацией хлора на южной опушке насаждения клена (рис. 3 в). В горизонте максимального накопления хлоридов (220-240 см) ареалы чернозема с повышенным содержанием хлоридов приурочены к центральной части и северной опушке секции клена (рис. 3 б). По степени засоления это соответствует слабозасоленным почвам. В нижележащих почвенных горизонтах концентрация хлора постепенно снижается (рис. 3 а). Можно отметить два ареала с его повышенным содержанием. Один с южной части опушки чернозема, занятого лиственницей, другой – с северной опушки насаждения клена.

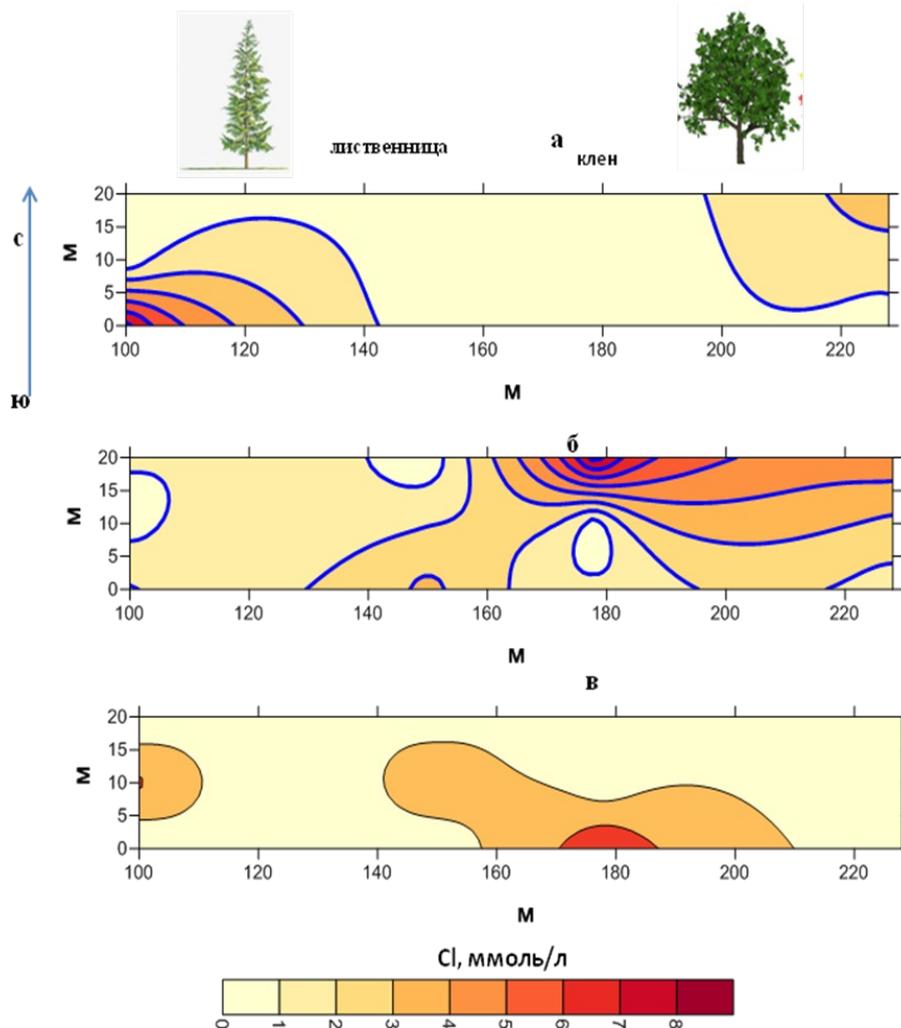


Рисунок 3 - Содержание хлоридов под древесными культурами:  
 а - горизонт почвы 280-300 см; б - горизонт 220-240 см; в - горизонт 0-20 см  
 DOI: <https://doi.org/10.23649/JAE.2024.42.1.3>

*Примечание: по осям x и y приведено расстояние в метрах*

Оценка соотношения активности ионов натрия ( $a_{Na}$ ) и хлора ( $a_{Cl}$ ) свидетельствует об двух типах взаимосвязи. По большинству образцов можно отметить более высокую активность натрия. Отрицательная разница активности ионов ( $a_{Na} < a_{Cl}$ ) в верхних гумусовых горизонтах (до 70 см) свидетельствует о связи хлоридов, как с натрием, так и возможной компенсации катионами  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ . В нижележащих горизонтах разница ионов была положительной ( $a_{Na} > a_{Cl}$ ), что свидетельствует о связи натрия с хлоридами и сульфатами.

Процессы увеличения концентрации солей под лесными полосами, расположенными на черноземах связаны, по нашему мнению, с несколькими причинами. Древесные культуры, как известно, обладают высокой транспирационной способностью. Для нормального функционирования старовозрастных лесных насаждений требуется довольно большое количество влаги. Влага запасается непосредственно под лесной полосой в условиях юго-востока Центрального Черноземья не всегда могут обеспечить в полной мере древесные культуры в течение всей вегетации. Деревья, обладая мощной корневой системой, обеспечивают подтягивание грунтовых вод как из более глубоких почвенных горизонтов, так и с прилегающих к лесной полосе участков. В свою очередь минерализация грунтовых вод в условиях Каменной Степи варьирует в интервале 800-2000 мг/л. В результате длительного времени подтока слабominерализованных вод в зону произрастания древесных культур происходит постепенное увеличение концентрации солей непосредственно под лесной полосой и, особенно, в центральной части. Меньшая степень засоления в приопушечных участках лесной полосы обусловлена потреблением влаги не из глубоких почвенных горизонтов, а за счет бокового притока менее минерализованных вод с прилегающих к лесной полосе угодий. Как это имеет место в центре лесной полосы с более высокими показателями засоленности черноземов. В дальнейшем могут возникнуть экологические проблемы в связи с изменением водно-солевых характеристик черноземов.

### Заклучение

1. Под старовозрастной лесной полосой формируются глубоководные почвенные горизонты. Верхняя граница засоленного горизонта находится на глубине 170-200 см. В нижележащих слоях отмечаются современные процессы аккумуляции солей. В пределах первого метра почвы характеризуются как незасоленные.

2. По степени засоления почвенные горизонты, расположенные ниже 200 см имеют слабую и среднюю степень концентрации солей.

3. Более высокая степень засоления отмечается в черноземах под насаждением клена. Под лиственницей концентрация солей существенно ниже.

4. Максимальное количество солей концентрируется в центральной части лесной полосы и на южной опушке. В северной опушке засоленность снижается.

### Благодарности

Исследования выполнены в рамках выполнения госзадания «Обосновать закономерности изменения водно-солевых характеристик почвенного покрова компонентов современных агроландшафтов под влиянием агролесомелиоративного комплекса и прогрессирующего антропогенного влияния».

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Acknowledgement

The research was carried out within the framework of the state task "To Substantiate The Laws Of Change Of Water-Salt Characteristics Of Soil Cover Components Of Modern Agrilandsapes Under The Influence Of Agro-Forestry-Meliorative Complex And Progressing Anthropogenic Influence".

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Вавин В.С. Создание долговечных защитных лесных насаждений в условиях Каменной Степи / В.С. Вавин, В.Т. Рымарь, А.Г. Ахтямов [и др.] — Воронеж, 2007. — 240 с.

2. Ивонин В.М. Стокорегирующая способность лесных полос в связи с их таксационными характеристиками / В.М. Ивонин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. — 2021. — Т.11. — №1. — С.81-96. — DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-81-96

3. Морта Б.Э. Свойства почв под различными типами растительности в Торейской котловине / Б.Э. Морта, А.С. Патрина, Д.В. Николаева // Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование. — Симферополь: Ариал, 2020. — С. 153-156.

4. Петелько А.И. Влияние стокорегирующей лесной полосы комбинированной конструкции с низкорослым кустарником на эрозионно-гидрологические процессы / А.И. Петелько, А.В. Выпова // Земледелие. — 2019. — № 5. — С. 3-7. — DOI: 10.24411/0044-39132019-10501.

5. Подлесных И.В. Влияние конструкции лесной полосы на распределение снега при ее проектировании в условиях ЦЧР / И.В. Подлесных, Т.Я. Зарудная // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. — Курский ФАНЦ, 2020. — С. 305-308.

6. Поташкина Ю.Н. Влияние полезащитных лесных полос ажурной конструкции на характер снегораспределения / Ю.Н. Поташкина, Е.А. Иванцова // Природные системы и ресурсы. — 2021. — Т. 11. — № 4. — С. 31-36. — DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2021.4.3

7. Спирина В.З. Солевой состав водной вытяжки и свойства южных черноземов Ширинской степи / В.З. Спирина // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. — Воронеж: Воронежский государственный университет, 2017. — С.149-153.

8. Троц В.Б. Влияние полезащитных лесных полос на состояние и продуктивность агроландшафта / В.Б. Троц // Аграрная Россия. — 2017. — № 11. — С. 19-22.

9. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв / Под ред. Н.Б. Хитрова, А.А. Понизовского. — М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. — 236 с.

10. Sautkina M.Y. Ecological Stability of Wood Species in Conditions of Root Reclamation of Salt Flats / M.Y. Sautkina, Y.I. Cheverdin, A.G. Akhtyamov // Modern Problems of Ecology, Transport and Agricultural Technologies. — IOP Publishing, 2020. — Vol. 941. — P. 012012

11. Zuazo V.H.D. Soil-erosion and Runoff Prevention by Plant Covers / V.H.D. Zuazo, C.R.R. Pleguezuelo // Agronomy for Sustainable Development. — 2008. — Vol. 28(1). — P. 65-86. — DOI: 10.1051/agro:2007062

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Vavin V.S. Sozdanie dolgovechnyh zashhitnyh lesnyh nasazhdenij v uslovijah Kamennoj Stepi [Establishment of Durable Protective Forest Plantations in Kamennaya Steppe Conditions] / V.S. Vavin, V.T. Rymar', A.G. Ahtjamov [et al.] — Voronezh, 2007. — 240 p. [in Russian]

2. Ivonin V.M. Stokoregulirujushhaja sposobnost' lesnyh polos v svjazi s ih taksacionnymi harakteristikami [Stock-regulating Capacity of Forest Strips in Connection with Their Taxation Characteristics] / V.M. Ivonin // Nauchnyj zhurnal

- Rossijskogo NII problem melioracii [Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems]. — 2021. — Vol.11. — №1. — P.81-96. — DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-1-81-96 [in Russian]
3. Morta B.Je. Svojstva pochv pod razlichnymi tipami rastitel'nosti v Torejskoj kotlovine [Soil Properties under Different Types of Vegetation in the Torey Basin] / B.Je. Morta, A.S. Patrina, D.V. Nikolaeva // *Biologicheskoe raznoobrazie: izuchenie, sohranenie, vosstanovlenie, racional'noe ispol'zovanie* [Biological Diversity: Study, Conservation, Restoration, Rational Use]. — Simferopol: Arial, 2020. — P. 153-156. [in Russian]
  4. Petel'ko A.I. Vlijanie stokoregulirujushhej lesnoj polosy kombinirovannoj konstrukcii s nizkoroslym kustarnikom na jerozionno-gidrologicheskie processy [Influence of Flow-regulating Forest Belt of Combined Construction with Low-growing Shrubbery on Erosion-Hydrological Processes] / A.I. Petel'ko, A.V. Vypova // *Zemledelie* [Land Farming]. — 2019. — № 5. — P. 3-7. — DOI: 10.24411/0044-39132019-10501. [in Russian]
  5. Podlesnyh I.V. Vlijanie konstrukcii lesnoj polosy na raspredelenie snega pri ee proektirovanii v uslovijah CChR [Influence of Forest Belt Construction on Snow Distribution at its Design in the Conditions of the CBS] / I.V. Podlesnyh, T.Ja. Zarudnaja // *Aktual'nye problemy pochvovedenija, jekologii i zemledelija* [Actual Problems of Soil Science, Ecology and Farming]. — Kursk FASC, 2020. — P. 305-308. [in Russian]
  6. Potashkina Ju.N. Vlijanie polezashhitnyh lesnyh polos azhurnoj konstrukcii na harakter snegoraspredelenija [Influence of Openwork Forest Strips on Snow Distribution Character] / Ju.N. Potashkina, E.A. Ivancova // *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources]. — 2021. — Vol. 11. — № 4. — P. 31-36. — DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2021.4.3 [in Russian]
  7. Spirina V.Z. Solevoj sostav vodnoj vytjazhki i svojstva juzhnyh chernozemov Shirinskoj stepi [Salt Composition of Water Extract and Properties of Southern Chernozems of Shirinskaya Steppe] / V.Z. Spirina // *Chernozemy Central'noj Rossii: genezis, jevoljucija i problemy racional'nogo ispol'zovanija* [Chernozems of Central Russia: Genesis, Evolution and Problems of Rational Use]. — Voronezh: Voronezh State University, 2017. — P.149-153. [in Russian]
  8. Troc V.B. Vlijanie polezashhitnyh lesnyh polos na sostojanie i produktivnost' agrolandshafta [Influence of Field Protective Forest Strips on the Status and Productivity of Agrolandscape] / V.B. Troc // *Agrarnaja Rossija* [Agrarian Russia]. — 2017. — № 11. — P. 19-22. [in Russian]
  9. Rukovodstvo po laboratornym metodam issledovanija ionno-solevogo sostava nejtral'nyh i shhelochnyh mineral'nyh pochv [Manual on laboratory methods of research of ion-salt composition of neutral and alkaline mineral soils] / Ed. by N.B. Hitrov, A.A. Ponizovsky. — M.: Soil Institute named after V.V. Gubkin, 1990. — 236 p. [in Russian]
  10. Sautkina M.Y. Ecological Stability of Wood Species in Conditions of Root Reclamation of Salt Flats / M.Y. Sautkina, Y.I. Cheverdin, A.G. Akhtyamov // *Modern Problems of Ecology, Transport and Agricultural Technologies*. — IOP Publishing, 2020. — Vol. 941. — P. 012012
  11. Zuazo V.H.D. Soil-erosion and Runoff Prevention by Plant Covers / V.H.D. Zuazo, C.R.R. Pleguezuelo // *Agronomy for Sustainable Development*. — 2008. — Vol. 28(1). — P. 65-86. — DOI: 10.1051/agro:2007062