

ISSN 1817-7204 (Print)

ISSN 1817-7239 (Online)

УДК 631.95:633.2(470.331)

<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-171-181>

Поступила в редакцию 15.10.2021

Received 15.10.2021

**Д. А. Иванов, Я. С. Лисицын***ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Москва, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ АГРОЛАНДШАФТА НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ФИТОЦЕНОЗОВ ПОКРОВНОГО ОВСА И МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**

**Аннотация.** Биоразнообразие – краеугольный камень современной агрофитоценологии. На основе его учета прогнозируется экологическая устойчивость сельскохозяйственных ландшафтов. Цель исследования – изучение влияния почв и рельефа конечно-моренного холма, а также возраста фитоценозов на величину коэффициента флористического сходства сообществ овса с подсевом трав (2019 г.) и клеверо-тимофеечного травостоя 1-го года пользования (2020 г.). Мониторинг ботанического состава фитоценозов осуществлялся на трансекте – поле, пересекающем склоны разной экспозиции и почвы разной степени заболоченности, расположенном на агроэкологическом стационаре Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (ВНИИМЗ; Тверская обл., Россия). Учет густоты стояния овса, клевера красного, тимофеевки луговой, сорных видов, а также других параметров среды проводили на 30 систематически расположенных делянках. Показано, что на коэффициент Жаккара влияет лишь несколько видов растений. Рельефные и почвенные особенности агроландшафта, а также возраст растительного сообщества оказывают существенное воздействие на устойчивость и продуктивность агроценоза. Главным фактором, влияющим на изменчивость показателя флористического сходства, является гидроморфизм почв. На всех почвах и склонах наблюдается увеличение показателя коэффициента флористического сходства по мере взросления травостоя. Продуктивность трав в наибольшей степени зависит от характера взаимодействия рельефа и почв: на южном склоне холма отмечен низкий урожай сена (в среднем 5,34 т/га), минимум которого наблюдался на сильно заболоченных почвах (4,92 т/га), на северном склоне урожай сена был выше (в среднем 6,57 т/га), минимум отмечен на средне заболоченных почвах (6,26 т/га). На основе выявленных закономерностей возможна разработка мероприятий по адаптации технологий выращивания многолетних трав к природным условиям хозяйств в режиме адаптивно-ландшафтного кормопроизводства.

**Ключевые слова:** экологическая устойчивость, мониторинг, агроландшафт, фитоценозы, многолетние травы клеверо-тимофеечный травостой, покровный овес, рельеф, почва, трансекта

**Для цитирования:** Иванов, Д. А. Влияние агроландшафта на экологическую устойчивость фитоценозов покровного овса и многолетних трав / Д. А. Иванов, Я. С. Лисицын // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2022. – Т. 60, № 2. – С. 171–181. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-171-181>

**Dmitry A. Ivanov, Yaroslav S. Lisitsyn***FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia*

## **INFLUENCE OF AGRO-LANDSCAPE ON THE ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF COVER OATS AND PERENNIAL HERBS PHYTOCENOSES**

**Abstract.** Biodiversity is the cornerstone of modern agro-phytocinology. Based on its records, the ecological sustainability of agricultural landscapes is predicted. The aim of the research was to study the influence of soils and the topography of the terminal moraine hill, as well as the age of phytocenoses, on the value of the coefficient of floristic similarity of oat communities with over-sowing of grasses (2019) and clover-and-timothy herbage of 1 year of use (2020). Monitoring of the botanical composition of phytocenoses was carried out on a transect – a field crossing slopes of different exposures and soils of varying degrees of swampiness, located at the agroecological station All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (VNIIMZ; Tver region, Russia). The standing density of oats, red clover, timothy grass, weed species, as well as other environmental parameters were taken into account on 30 systematically located land plots. It is shown that only a few plant species affect the Jaccard coefficient. The topography and soil features of the agricultural landscape, as well as the age of the plant community, have a significant impact on the stability and productivity of the agroecosis. The main factor affecting the variability of the floristic similarity indicator is soil hydromorphism. An increase in the index of the floristic similarity coefficient is observed on all soils and slopes as the herbage matures. Productivity of grasses depends to the greatest extent on the nature of the interaction of the relief and soils – on the southern slope of the hill, a low hay yield was noted (on average, 5.34 t/ha), the minimum of which was observed on highly swampy soils (4.92 t/ha), on the northern slope, the yield of hay was higher (on average 6.57 t/ha), the minimum of which was noted on moderately swampy soils (6.26 t/ha). Based on the revealed patterns,

it is possible to develop measures to adapt technologies for growing perennial grasses to the natural conditions of farms in the mode of adaptive landscape fodder production.

**Keywords:** ecological sustainability, monitoring, agro-landscape, phytocenosis, perennial grasses, clover-and-timothy herbage, cover oats, topography, soil, transect

**For citation:** Ivanov D. A., Lisitsyn Y. S. Influence of agro-landscape on the ecological sustainability of cover oats and perennial herbs phytocenoses. *Vestsi Natsyyanal'ny akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2022, vol. 60, no. 2, pp. 171–181 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2022-60-2-171-181>

**Введение.** Биоразнообразие (совокупность видов, составляющих сообщество) – краеугольный камень устойчивости фитоценозов [1–5]. Исследование факторов природной среды, влияющих на биоразнообразие культурных и диких фитоценозов, позволяет находить практические приемы управления их экологической толерантностью. Белорусскими учеными на основе хозяйственной типологии и исследований факторов, влияющих на биоразнообразие травостоев, разработана и предложена оптимальная экологическая стратегия рационального использования, улучшения и охраны луговых экосистем поймы и польдера [6]. В условиях гумидного климата, в том числе и Нечерноземья, актуален вопрос влияния заболоченности почв на параметры травостоев [7–9]. Устойчивость посевов культурных растений является базой прогнозирования их урожайности – возможности планирования их «поведения» в различных частях агроландшафта. Следовательно, учет показателей устойчивости агроценоза очень важен при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ) [10]. Актуальность адаптивно-ландшафтного земледелия обусловлена обострением экономического и экологического кризисов во всем мире. Только при адресном размещении севооборотов с многолетними травами можно добиться одновременно снижения себестоимости единицы продукции, уменьшения затрат на последующую рекультивацию ландшафта, а также улучшения качества сена [11, 12].

Основной принцип адаптивно-ландшафтного кормопроизводства как части АЛСЗ – изучение характера пространственной и временной пестроты урожая кормовых культур, на основе анализа которого делаются выводы о целесообразности их размещения в определенных местоположениях [13–15]. Культурные растения на полях, как правило, не произрастают в чистом виде, а образуют растительные сообщества разной степени сложности [16, 17]. Характер совместного развития культурных и сорных (аборигенных) видов сказывается на продуктивности угодья и качестве продукции [18].

Весьма сложные взаимоотношения между видами наблюдаются в покровных посевах культур, когда совокупность сеяных видов (зерновых и трав), конкурируя между собой, испытывают давление аборигенов (сорняков), которые также участвуют в межвидовой борьбе [19]. Динамика взаимодействия видов в покровных посевах усложняется на полях, расположенных в пестрых ландшафтных условиях, что способствует снижению точности прогнозных моделей урожайности. Проблема изучения влияния ландшафтных условий на биоразнообразие посевов зерновых и трав общепризнана – она широко обсуждается также и в иностранных источниках [20–23]. Наиболее важными факторами ландшафтной среды, влияющими на биоразнообразие и продуктивность фитоценозов, являются рельеф (совокупность неровностей земной поверхности) и почва. Ученые-агроарии должны исходить из постулатов обязательного учета взаимосвязей компонентов природной среды (прежде всего рельефа и почвы) в процессе формирования урожая и их практического «равноправия» – равнозначности. Б. Б. Польшов говорил о том, что «обратимая» связь между различными элементами природы чрезвычайно важна, именно в знании этой связи кроется главный секрет искусства земледельца [24]. На современном этапе подходы к комплексному изучению формирования биоразнообразия и продуктивности фитоценозов применяются во всем мире. Так, К. Neil с соавторами установил, что введение сюжетно-инвариантных по времени параметров почвы и рельефа улучшило возможность проведения испытаний и моделирования эффективности обработки урожайных данных в рамках долгосрочных полевых испытаний [25]. Р. Jiang и К. Thelen отмечали, что в условиях штата Мичиган совокупное воздействие как почвы, так и рельефа менялось в зависимости от года и объясняло от 28 до 85 % наблюдаемой изменчивости урожайности кукурузы и сои [26].

**Цели и задачи.** Проблема изучения влияния почвенных условий и рельефа агроландшафта, а также возраста фитоценозов на их устойчивость и продуктивность клеверо-тимофеечного травостоя на осушаемых почвах весьма актуальна, так как эти знания позволяют оптимизировать производственный процесс культур в режиме адаптивно-ландшафтного земледелия. Цель настоящей работы – изучение влияния почвенных условий и рельефа агроландшафта конечно-моренного холма, а также возраста растительного покрова на величину коэффициента флористического сходства Жаккара растительных сообществ овса с подсевом трав (2019 г.) и клеверо-тимофеечного травостоя 1-го г. п. (2020 г.).

Задачами работы являлись:

- 1) изучение динамики флористического состава агрофитоценозов покровного овса и трав 1-го г. п. по мере их развития в пределах мелиорированного ландшафта;
- 2) выявление основных факторов, влияющих на изменение степени флористического сходства в пределах фитоценоза по мере его старения в различных ландшафтных (почвенно-рельфных) условиях;
- 3) определение влияния почв и рельефа на продуктивность злакобобовых трав 1-го г. п.

**Материалы и методы исследования.** Данная работа направлена на изучение влияния факторов природной среды сельскохозяйственного ландшафта (экспозиции склонов и гидроморфизма почв) на величину коэффициента Жаккара в агроценозе покровного овса, развивающегося в пределах конечно-моренного холма. Коэффициент Жаккара – бинарная мера сходства, предложенная в 1901 г. В ботанике она получила название коэффициента флористического сходства ( $K_j$ ), расчет которого осуществляется посредством сравнения числа видов в соседних описаниях с числом общих видов для этой пары описаний:

$$K_j = \frac{C}{A + B - C} 100 \%,$$

где  $A$  и  $B$  – число видов в первом и втором описаниях соответственно;  $C$  – число общих видов для этой пары описаний. Очевидно, что при отсутствии общих видов коэффициент сходства равен нулю, а при полном сходстве списков видов, когда  $A = B = C$ , он равен 100 % [27, 28].

Для достижения поставленной цели в 2019 и 2020 гг. осуществляли мониторинг густоты стояния растений (шт/м<sup>2</sup>) ярового овса сорта Аргамак, клевера красного сорта ВИК 7, тимopheевки луговой сорта ВИК 9, а также сорных видов на агроэкологическом стационаре Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В. В. Докучаева» (ВНИИМЗ). Стационар расположен в 4 км к востоку от г. Тверь на моренном холме с относительной высотой 15 м, состоящим из плоской слабо дренируемой вершины, северного пологого склона крутизной 2–3°, южных склонов (3–5°) и межхолмных депрессий (северной и южной). Различия в экспозиции склонов определяют не только разницу в прогреве территории, но и неоднородность гранулометрического состава почв, что во многом обусловлено генезисом конечно-моренных образований. Почвенный покров стационара представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв. Почвы стационара образованы на двучленных отложениях – песчано-супесчаная толща в пределах почвенного профиля на разной глубине подстилается легко и среднесуглинистой закамененной мореной. Характерной особенностью объекта исследований является определенная зависимость гранулометрического состава пахотных горизонтов почв от мощности кроющего наноса. Как правило, почвы на мощных двучленах характеризуются пахотными горизонтами более легкого гранулометрического состава, чем в местах с близким к поверхности залеганием морены. В южной части стационара мощность кроющего наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне холма пахотные горизонты сложены супесью и иногда легким суглинком, мощность кроющего наноса здесь колеблется около 1 м, а в межхолмной депрессии морена местами выходит на поверхность [29].

Исследования проводили на агроэкологической трансекте (физико-географическом профиле) – узком поле, пересекающем все микроландшафтные позиции конечно-моренного холма:

транзитно-аккумулятивные (Т-А) геокомплексы нижних частей склонов и межхолмных депрессий, характеризующиеся аккумуляцией элементов питания из намывных и грунтовых вод; транзитные (Т) ландшафты, расположенные в центральных частях склонов, в которых господствует латеральный (параллельный поверхности) ток влаги; элювиально-транзитные (Э-Т) местоположения верхних частей склонов, где, наряду с латеральным током влаги, происходит ее вертикальное перемещение по почвенному профилю и элювиально-аккумулятивный (Э-А) ландшафт вершины, в пределах которого вертикальное промывание почвенного профиля чередуется с локальной аккумуляцией влаги в микропонижениях (блюдцах).

Поле, на котором проводились наблюдения, располагалось на полосе шириной 7,2 м, длиной 1300 м. Изучаемый агроценоз был образован вследствие посева овса и трав 2 мая 2019 г. Покровный посев развивался без внесения удобрений, кроме одноразовой подкормки аммиачной селитрой в фазу кущения в дозе 1 ц/га. Следует отметить, что 5 июня 2019 г. он был обработан гербицидами (Линтаплант) в дозе 1,5 л/га, 25 августа 2019 г. произведена уборка овса. Учет густоты стояния растений осуществляли семь раз за вегетацию: 30 мая, 1 июля, 21 августа и 10 октября 2019 г., а также 1 июня, 24 июня и 13 октября 2020 г. в 120 точках опробования регулярно расположенных по трансекте на расстоянии 10 м друг от друга. Площадь учетной делянки – 1 м<sup>2</sup>.

Мониторинговые данные по урожайности травосмеси обрабатывали методом корреляционного и дисперсионного анализа (STATISTICA 7). Для определения влияния факторов ландшафтной среды на пространственно-временную динамику коэффициентов Жаккара мониторинговые данные обрабатывали методом четырехфакторного дисперсионного анализа, в котором фактором «А» являлась «Экспозиция» – склоны разной ориентации по сторонам света (северная и южная); фактор «В» – «Геохимия» – геохимическая обстановка в пределах склона (Т-А, Т, Э-Т, Э-А); фактор «С» – «Почвы» – почвы разного гидроморфизма (глееватые и глеевые) и «D» – период вегетации агроценоза (всходы овса, кущение овса, полная спелость овса, окончание вегетации агроценоза молодых трав, возобновление вегетации трав 1-го г. п., предукосное состояние трав, окончание вегетации трав 1-го г. п.). Степень влияния ландшафтных факторов на густоту стояния растений вычислялась на основе метода Н. А. Плохинского путем деления частной факториальной суммы квадратов на общую [30].

**Результаты и их обсуждение.** Исследования показали, что помимо сеяных компонентов – овса сорта Аргамак, клевера сорта ВИК 7 и тимopheевки сорта ВИК 9 в агроценоз многолетних трав входит сорный компонент, который можно разбить на группы малолетних и многолетних сорняков. В группу малолетних сорняков входят следующие виды: горец шероховатый (*Polygonum scabrum*), марь белая (*Chenopodium album*), фиалка полевая (*Viola arvensis*), пикульник полевой (*Galeopsis bifida*), ярутка полевая (*Thlaspi arvense*), ромашка непахучая (*Matricaria inodora*), кульбаба копыльлистная (*Leontodon hastilis*), звездчатка средняя (*Stellaria media*), аистник цикотовый (*Erodium cicutarium*), дымянкa аптечная (*Fumaria officinalis*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), щавель малый (*Rumex acetosella*), горец вьюнковый (*Fallugia convolvulus*), просо куриное (*Echinochloa crus-galli*), незабудка полевая (*Myosotis arvensis*), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris*), редька дикая (*Raphanus raphanistrum*), смолевка белая (*Silene latifolia*), горошек мышиный (*Vicia cracca*), ястребинка обыкновенная (*Pilosella officinarum*), будра плющевидная (*Glechoma hederacea*), торица полевая (*Spargula arvensis*), кривоцвет полевой (*Anchusa arvensis*), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris*), лебеда садовая (*Atriplex hortensis*), жерушник болотный (*Rorippa palustris*). Группа многолетних сорняков состоит из следующих растений: осот полевой (*Sonchus arvensis*), чистец болотный (*Stachys palustris*), мята луговая (*Mentha arvensis*), хвощ полевой (*Equisetum arvense*), бодяк полевой (*Cirsium arvense*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), чистотел большой (*Chelidonium majus*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), гравилат речной (*Geum rivale*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), подорожник большой (*Plantago major*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*).

Результаты дисперсионного анализа приведены на рис. 1. Более одной пятой величины пространственно-временной вариабельности показателя коэффициента флористического сходства зависит от факторов, не включенных в данный дисперсионный анализ. К ним могут относиться различные проявления ландшафтно-почвенной микропестроты – микро- и нанорельеф, неравномерность антропогенного воздействия, микробиологические особенности почв и т. д.



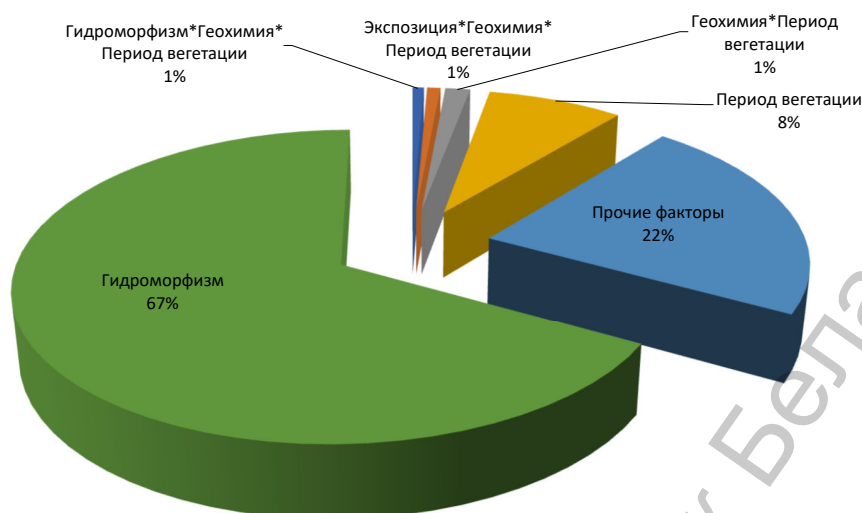


Рис. 1. Влияние ландшафтных условий и возраста на величину коэффициента Жаккара агроценоза покровного овса в пределах конечно-моренной гряды, 2019 г.

Fig. 1. Influence of landscape conditions and age on the value of the Jacquard coefficient of the cover oat agrocenosis within a finite moraine ridge, 2019

Главным фактором, влияющим на изменчивость показателя флористического сходства и определяющим более двух третей его вариабельности в пределах агроценоза, является гидроморфизм почв. Хотя средние значения показателя по различным категориям заболоченных почв различаются незначительно (на глеевой почве  $\approx 58\%$ , а на глееватой  $\approx 60\%$ ), их разброс по фазам развития на различных почвах весьма ощутим – от  $33,5\%$  на глеевых и  $40,0\%$  на глееватых в фазу всходов до  $80,6\%$  на глеевых и  $78,2\%$  на глееватых в предукосный период, т. е. экологическая устойчивость травостоя падает по мере его взросления, причем по мере усиления заболоченности почв вариация этого параметра фитоценоза увеличивается (табл. 1, 2).

Период вегетации травостоя определяет  $8\%$  вариабельности величины показателя коэффициента Жаккара. На всех почвах и типах местоположений наблюдается увеличение показателя коэффициента флористического сходства по мере взросления травостоя вследствие усиления межвидовой конкуренции в травостое. Снижение происходит только после укоса в результате ослабления доминантных видов за исключением вершины холма, где вследствие повышенной инсоляции доминантные виды быстро релаксируют и препятствуют интенсивному внедрению разнотравья в агроценоз.

Результаты корреляционного анализа представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Результаты корреляционного анализа влияния в различных ландшафтных условиях густоты стояния компонентов агрофитоценоза смешанного посева на величину коэффициента Жаккара, 2019 г.

Table 1. Results of correlation analysis of effect in various landscape conditions, of standing density of components of agrophytocenosis of mixed sowing on the value of the Jaccard coefficient, 2019

| Экспозиция склонов                | Гидроморфизм почв | $K_j$ | Виды, достоверно влияющие на коэффициент Жаккара | Коэффициент корреляции |
|-----------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------------------------|------------------------|
| 30 мая 2019 г., фаза всходов овса |                   |       |                                                  |                        |
| Южная                             | Глеевая           | 33,5  | —                                                | —                      |
|                                   | Глееватая         | 40,0  | Хвощ полевой                                     | +0,41                  |
| Северная                          | Глеевая           | 37,6  | Марь белая<br>Пикульник полевой                  | +0,54<br>+0,53         |
|                                   | Глееватая         | 45,3  | Горец вьюнковый                                  | –0,34                  |

Окончание табл. 1

| Экспозиция склонов                                                          | Гидроморфизм почв | $K_j$ | Виды, достоверно влияющие на коэффициент Жаккара                          | Коэффициент корреляции           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <i>1 июля 2019 г., фаза кущения овса</i>                                    |                   |       |                                                                           |                                  |
| Южная                                                                       | Глеевая           | 43,0  | Горец шероховатый                                                         | +0,40                            |
|                                                                             | Глееватая         | 46,7  | Овес<br>Просо куриное<br>Ромашка непахучая<br>Подмаренник цепкий          | +0,38<br>+0,38<br>+0,40<br>–0,54 |
| Северная                                                                    | Глеевая           | 45,1  | Пастушья сумка обыкновенная                                               | +0,43                            |
|                                                                             | Глееватая         | 46,4  | Марь белая<br>Просо куриное<br>Будра плющевидная<br>Кульбаба копьелистная | –0,30<br>+0,43<br>–0,33<br>–0,33 |
| <i>21 августа 2019 г., фаза полной спелости овса</i>                        |                   |       |                                                                           |                                  |
| Южная                                                                       | Глеевая           | 65,2  | Овес<br>Горец шероховатый                                                 | –0,58<br>–0,39                   |
|                                                                             | Глееватая         | 57,1  | Торица полевая<br>Гравилат речной                                         | –0,51<br>–0,55                   |
| Северная                                                                    | Глеевая           | 58,6  | –                                                                         | –                                |
|                                                                             | Глееватая         | 55,9  | Горец выюньковый<br>Пырей ползучий                                        | –0,33<br>+0,36                   |
| <i>10 октября 2019 г., фаза окончания вегетации агроценоза молодых трав</i> |                   |       |                                                                           |                                  |
| Южная                                                                       | Глеевая           | 69,9  | Марь белая<br>Дымянка аптечная<br>Хвощ полевой                            | –0,44<br>–0,38<br>–0,38          |
|                                                                             | Глееватая         | 52,9  | Осот полевой                                                              | –0,42                            |
| Северная                                                                    | Глеевая           | 58,8  | –                                                                         | –                                |
|                                                                             | Глееватая         | 62,4  | –                                                                         | –                                |

В 2019 г. на ранних этапах развития агроценоза покровного овса наблюдается постепенное увеличение коэффициентов Жаккара. В ботанике принято условное деление значений коэффициента флористического сходства на две группы – менее 50 % и более 50 %. Если коэффициент Жаккара сравниваемых площадок менее 50 %, то это означает, что они принадлежат к разным сообществам, если больше – их можно объединить в одну ассоциацию. Исходя из этого следует признать, что независимо от экспозиции склонов и степени заболоченности почв агроценоз покровного овса превращается в единое растительное сообщество только ко времени поспевания зерновой культуры. Корреляционный анализ между встречаемостью видов и величиной коэффициента Жаккара показывает, что, во-первых, на него достоверно влияет лишь несколько видов, которые можно назвать доминантами и субдоминантами, а во-вторых, некоторые из них (виоленты) способствуют упрощению видового состава и объединению площадок в одну ассоциацию (положительные значения  $r$ ), а другие (пациенты и эксплеренты) усиливают степень дифференциации растительного покрова (отрицательные значения  $r$ ). Так, 30 мая на глееватых почвах в пределах южного склона холма хвощ полевой (*Equisetum arvense*), подавляя другие виды, упрощает растительное сообщество, тем самым способствуя увеличению коэффициента Жаккара. В пределах северного склона на глеевых почвах такую же роль играют марь белая (*Chenopodium album*) и пикульник полевой (*Galeopsis bifida*), в то время как на глееватых почвах горец выюньковый (*Fallopia convolvulus*) способствует увеличению дифференциации растительного покрова, так как является центральным звеном консорции видов – микросообщества растений.

1 июля 2019 г. на глеевых почвах южного склона степень дифференциации растительности достоверно снижалась под воздействием горца шероховатого (*Polygonum scabrum*), а на тех же почвах северного склона – пастушьей сумки обыкновенной (*Capsella bursa-pastoris*). На глееватых почвах наблюдается большое разнообразие взаимодействия видов – на южном склоне сильную конкуренцию другим видам оказывают овес (*Avena sativa*), просо куриное (*Echinochloa crusgalli*) и ромашка непахучая (*Matricaria inodora*), а на северном только просо. Разнообразие

в растительный покров на южном склоне вносит подмаренник цепкий (*Galium aparine*), а на северном – марь белая (*Chenopodium album*), будра плющевидная (*Glechoma hederacea*) и кульбаба копыльчатая (*Leontodon hastilis*).

Ко времени созревания овса на южном склоне отмечаются растения, достоверно увеличивающие степень дифференциации растительного покрова. На глеевой почве это овес (*Avena sativa*) и горец шероховатый (*Polygonum scabrum*), а на глееватой – торица полевая (*Spargula arvensis*) и гравилат речной (*Geum rivale*). На северном склоне на глеевой почве не выявлено видов, достоверно влияющих на коэффициент Жаккара, на глееватой горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*) способствует его понижению, а пырей ползучий (*Elytrigia repens*) – увеличению.

В предзимье лишь на южном склоне отмечены виды, достоверно влияющие на коэффициент Жаккара: на глеевых почвах его понижению способствуют марь белая (*Chenopodium album*), дымянкa аптечная (*Fumaria officinalis*) и хвощ полевой (*Equisetum arvense*), а на глееватых – осот полевой (*Sonchus arvensis*).

Достоверные воздействия ландшафтных условий на коэффициент Жаккара обнаруживаются далеко не всегда. С помощью дисперсионного анализа были выявлены достоверные влияния гидроморфизма почв на степень видового разнообразия растительности только для 30 мая 2019 г. и парного взаимодействия экспозиции и гидроморфизма для 10 октября 2019 г.

Т а б л и ц а 2. Результаты корреляционного анализа влияния в различных ландшафтных условиях густоты стояния компонентов агрофитоценоза трав 1-го г. п. на величину коэффициента Жаккара, 2020 г.

Table 2. Results of correlation analysis of effect in various landscape conditions of standing density of components of agrophytocenosis of grasses of the first year of use on the value of the Jaccard coefficient, 2020

| Экспозиция склонов                                           | Гидроморфизм почв | $K_j$ | Виды, достоверно влияющие на коэффициент Жаккара | Коэффициент корреляции |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------|--------------------------------------------------|------------------------|
| 2 июня 2020 г., фаза возобновления вегетации трав 1-го г. п. |                   |       |                                                  |                        |
| Южная                                                        | Глеевая           | 66,8  | –                                                | –                      |
|                                                              | Глееватая         | 68,5  | –                                                | –                      |
| Северная                                                     | Глеевая           | 66,8  | –                                                | –                      |
|                                                              | Глееватая         | 69,3  | Клевер<br>Бодяк полевой                          | +0,37<br>–0,32         |
| 24 июля 2020 г., предукосная фаза трав 1-го г. п.            |                   |       |                                                  |                        |
| Южная                                                        | Глеевая           | 76,9  | –                                                | –                      |
|                                                              | Глееватая         | 78,2  | –                                                | –                      |
| Северная                                                     | Глеевая           | 80,6  | Тимофеевка<br>Клевер                             | –0,63<br>+0,48         |
|                                                              | Глееватая         | 73,3  | Тимофеевка                                       | –0,34                  |
| 13 октября 2020 г., фаза окончания вегетации трав 1-го г. п. |                   |       |                                                  |                        |
| Южная                                                        | Глеевая           | 69,6  | –                                                | –                      |
|                                                              | Глееватая         | 58,3  | –                                                | –                      |
| Северная                                                     | Глеевая           | 71,7  | –                                                | –                      |
|                                                              | Глееватая         | 71,9  | –                                                | –                      |

В 2020 г. наблюдается дальнейшее увеличение коэффициентов Жаккара по мере развития травостоя. Максимальная флористическая однородность отмечена для предукосного периода, после укоса происходит снижение коэффициентов флористического сходства вследствие ослабления конкурентных преимуществ доминантов.

На южном склоне в фазу возобновления вегетации трав взаимоотношения различных компонентов агроценоза настолько сложны, что достоверного влияния какого-либо вида на коэффициент Жаккара не обнаруживается на почвах любой степени заболоченности. На северном склоне, в зоне распространения глееватых почв, клевер красный (*Trifolium pratense*), вытесняя другие виды из травостоя, способствует уменьшению степени его дифференциации, а бодяк полевой (*Cirsium arvense*) вносит в него определенное разнообразие.

В предукосную фазу на южном склоне не обнаружены виды, достоверно влияющие на коэффициент Жаккара, в то время как на северном на глеевых почвах наблюдается мощная экспансия

клевера и спорадическое развитие тимopheевки луговой (*Phléum pratense*), которая доминирует в травостое и на глееватых почвах.

После укоса травостой, по-видимому, претерпевает коренную перестройку, связанную со сменой доминантов и бурным развитием ранее угнетенных видов. Вследствие этих причин не обнаружено достоверных воздействий каких-либо видов растений на величину коэффициентов флористического сходства.

Среднее по агроландшафту значение урожайности сена трав 1-го г. п. – 5,93 т/га. Достоверное влияние коэффициента Жаккара на количество сена обнаружено только на северном склоне холма ( $r = +0,26$ ) – по мере упрощения видового состава сообщества продуктивность его растет вследствие доминирования сеяных видов и снижения напряженности межвидовой борьбы. Многофакторный дисперсионный анализ показал, что достоверное влияние на продуктивность клеверо-тимopheечной травосмеси 1-го г. п. оказывает взаимодействие таких факторов ландшафтной среды, как экспозиция склона и гидроморфизм почв ( $НСР_{0,05} = 0,6$  т/га). На южном склоне холма отмечен низкий урожай сена (в среднем 5,34 т/га), минимум которого наблюдался на сильно заболоченных почвах (4,92 т/га), тогда как на глееватых почвах его среднее значение достигает 5,76 т/га. Следует отметить, что коэффициент Жаккара в предукосный период на южном склоне не зависит от степени гидроморфизма почв (табл. 2). На северном склоне урожай сена был выше (в среднем 6,57 т/га), минимум его отмечен на средне заболоченных почвах (6,26 т/га), а на глеевых почвах зафиксировано его максимальное значение – 6,89 т/га. В отличие от южного на северном склоне наблюдается сильная зависимость величины коэффициентов флористического сходства от степени заболоченности почв.

**Заключение.** Исходя из всего вышеизложенного можно отметить, что коэффициент Жаккара – показатель флористического разнообразия и устойчивости агроценоза во многом зависит от ландшафтных особенностей (почва и рельеф) и возраста травостоя.

Главным фактором изменчивости показателя флористического сходства, определяющим более двух третей его вариабельности в пределах агроценоза, является гидроморфизм почв – он определяет около 2/3 его пространственно-временной вариабельности. По мере усиления степени заболоченности почв разброс показателей флористического сходства фитоценозов возрастает.

Возраст агроценоза как таковой определяет лишь 8 % вариабельности коэффициента Жаккара (наблюдается увеличение показателя коэффициента флористического сходства по мере взросления травостоя – агроценоз покровного овса превращается в единое растительное сообщество только ко времени поспевания зерновой культуры, а максимального значения агроценоз злакобобового травостоя достигает в предукосный период).

Значительное влияние на продуктивность клеверо-тимopheечной травосмеси 1-го г. п. оказывает взаимодействие таких факторов ландшафтной среды, как экспозиция склона и гидроморфизм почв, однако достоверное влияние коэффициента Жаккара на количество сена обнаружено только на северном склоне холма ( $r = +0,26$ ), где по мере упрощения видового состава сообщества увеличивается его продуктивность вследствие снижения напряженности межвидовой борьбы.

Адаптивное размещение травостоев в пределах конкретного хозяйства, учитывающее его ландшафтные условия и возраст травостоев, позволит управлять не только количеством и качеством урожая кормов, но и устойчивостью агроценоза трав к внешним воздействиям. Результаты исследования показывают, что осушительные мелиорации, а также мероприятия по управлению влажностью почв, способствуют упрощению агроценоза трав, что сказывается на качестве сена и грубых кормов.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственного задания ВНИИМЗ на 2019–2021 гг. по теме «Разработать теоретические основы ландшафтно-мелиоративного природообустройства агрогеосистем гумидной зоны на основе результатов мониторинга состояния их природной среды и дистанционного зондирования Земли».

**Acknowledgments.** The research was carried out within the framework of the state assignment of VNIIMZ for 2019–2021 on the subject “To develop theoretical basis for landscape and reclamation management of agro-geosystems in the humid zone, based on the results of monitoring of their natural environment and remote sensing of the Earth”.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. McGill, B. J. Towards a unification of unified theories of biodiversity / B. J. McGill // *Ecology Letters*. – 2010. – Vol. 13, № 5. – P. 627–642. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01449.x>
2. Ebert, A. W. Plant biodiversity and genetic resources matter! / A. W. Ebert, J. M. M. Engels // *Plants*. – 2020. – Vol. 9, № 12. – Art. 1706. <https://doi.org/10.3390/plants9121706>
3. Species dispersal and biodiversity in human-dominated metacommunities / D. W. Shanafelt [et al.] // *J. of Theoretical Biology*. – 2018. – Vol. 457. – P. 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.08.041>
4. Mirkin, B. M. Which plant communities do exist? / B. M. Mirkin // *J. of Vegetation Science*. – 1994. – Vol. 5, № 2. – P. 283–284. <https://doi.org/10.2307/3236163>
5. Миркин, Б. М. Фитоценология: принципы и методы / Б. М. Миркин, Г. С. Розенберг. – М. : Наука, 1978. – 211 с.
6. Сапегин, Л. М. Структура и функционирование луговых экосистем: (экологический мониторинг) / Л. М. Сапегин, Н. М. Дайнеко. – Гомель : Гомел. гос. ун-т, 2002. – 201 с.
7. Козлов, Л. Г. Луговые агроценозы на мелиорированных землях / Л. Г. Козлов, А. И. Михкиев, Е. И. Синькевич. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1982. – 180 с.
8. Иванова, Н. Н. Кормовая и средообразующая роль пастбищных травостоев в условиях осушаемых почв Центрального Нечерноземья / Н. Н. Иванова, А. Д. Капсамун, Н. Н. Амбросимова // *Кормопроизводство*. – 2019. – № 4. – С. 14–17.
9. The hydrological responses of different land cover types in a re-vegetation catchment area of the Loess Plateau, China / S. Wang [et al.] // *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. – 2012. – Vol. 9, № 5. – P. 5809–5835. <https://doi.org/10.5194/hessd-9-5809-2012>
10. Кирюшин, В. И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье / В. И. Кирюшин. – СПб. : Квадро, 2020. – 375 с.
11. Иванов, Д. А. Ландшафтно-адаптивные системы земледелия: (агроэкологические аспекты) / Д. А. Иванов ; под общ. ред. Н. Г. Ковалева. – Тверь : ЧуДо, 2001. – 305 с.
12. Иванов, Д. А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия: (прикладная агрогеография) / Д. А. Иванов, Н. Г. Ковалев. – Тверь : Изд. А. Н. Кондратьев, 2017. – 310 с.
13. Иванов, Д. А. Изучение динамики продуктивности трав на основе данных многолетнего мониторинга / Д. А. Иванов, О. В. Карасева, М. В. Рублюк // *Аграр. наука Евро-Северо-Востока*. – 2021. – № 22 (1). – С. 76–84. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.76-84>
14. Иванов, Д. А. Результаты длительного мониторинга продуктивности многолетних трав в пределах агроландшафта / Д. А. Иванов, О. В. Карасева, М. В. Рублюк // *Вестн. рос. с.-х. науки*. – 2019. – № 5. – С. 8–11. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/5/8-11>
15. Иванов, Д. А. Мониторинг влияния факторов природной среды на урожайность травостоев / Д. А. Иванов, М. В. Рублюк, О. В. Карасева // *Кормопроизводство*. – 2019. – № 8. – С. 10–14.
16. Работнов, Т. А. Луговоеведение : учебник / Т. А. Работнов. – 2-е изд. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 320 с.
17. Маевский, П. Ф. Флора средней полосы европейской части России : учеб. пособие / П. Ф. Маевский. – 10-е изд., испр. и доп. – М. : Т-во науч. изд. КМК, 2006. – 600 с.
18. Ларин, И. В. О методике изучения биологической и хозяйственной продуктивности травянистых сенокосов и пастбищ / И. В. Ларин // *Ботаника (исследования) : [сборник]* / Белорус. отд-ние Всесоюз. ботан. о-ва. – Минск, 1968. – Вып. 10. – С. 15–24.
19. Thompson, P. L. Ecosystem multifunctionality in metacommunities / P. L. Thompson, A. Gonzalez // *Ecology*. – 2016. – Vol. 97, № 10. – P. 2867–2879. <https://doi.org/10.1002/ecy.1502>
20. Multiscale spatial patterns of species diversity and biomass together with their correlations along geographical gradients in subalpine meadows / M. Xu [et al.] // *PLoS One*. – 2019. – Vol. 14, № 2. – P. e0211560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211560>
21. Scaling-up biodiversity-ecosystem functioning research / A. Gonzalez [et al.] // *Ecology Letters*. – 2020. – Vol. 23, № 4. – P. 757–776. <https://doi.org/10.1111/ele.13456>
22. Thomas, R. Fertile ground? Options for a science-policy platform for land / R. J. Thomas [et al.] // *Environmental Science and Policy*. – 2012. – Vol. 16. – P. 122–135. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.11.002>
23. Spatio-temporal dynamics of forage and land cover changes in Karamoja sub-region, Uganda / A. Egeru [et al.] // *Pastoralism: Research, Policy and Practice*. – 2014. – Vol. 4, № 1. – Art. 6. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-4-6>
24. Полюнов, Б. Б. Избранные труды / Б. Б. Полюнов ; отв. ред.: И. В. Тюрин, А. А. Сауков. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – 751 с.
25. Heil, K. Modeling the effects of soil variability, topography, and management on the yield of barley / K. Heil, P. Heinemann, U. Schmidhalter // *Frontiers in Environmental Science*. – 2018. – Vol. 6. – Art. 146. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00146>
26. Jiang, P. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system / P. Jiang, K. D. Thelen // *Agronomy J.* – 2004. – Vol. 96, № 1. – P. 252–258. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0252>
27. Тиходеева, М. Ю. Практическая геоботаника: анализ состава растительных сообществ / М. Ю. Тиходеева, В. Х. Лебедева. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2015. – 165 с.
28. Понятовская, В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В. М. Понятовская // *Полевая геоботаника : [в 5 т.]* / под общ. ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина – М. ; Л., 1964. – Т. 3. – С. 209–299.

29. Создание ландшафтного полигона нового поколения / Д. А. Иванов [и др.] // Земледелие. – 1999. – № 6. – С. 15–16.
30. Плохинский, Н. А. Биометрия : [учеб. пособие] / Н. А. Плохинский. – 2-е изд. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 367 с.

## References

1. McGill B.J. Towards a unification of unified theories of biodiversity. *Ecology Letters*, 2010, vol. 13, no. 5, pp. 627–642. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01449.x>
2. Ebert A.W., Engels, J.M. M. Plant biodiversity and genetic resources matter! *Plants*, 2020, vol. 9, no. 12, art. 1706. <https://doi.org/10.3390/plants9121706>
3. Shanafelt D.W., Clobert J., Fenichel E.P., Hochberg M.E., Kinzig A., Loreau M., Marquet P.A., Perrings C. Species dispersal and biodiversity in human-dominated metacommunities. *Journal of Theoretical Biology*, 2018, vol. 457, pp. 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2018.08.041>
4. Mirkin B.M. Which plant communities do exist? *Journal of Vegetation Science*, 1994, vol. 5, no. 2, pp. 283–284. <https://doi.org/10.2307/3236163>
5. Mirkin B.M., Rozenberg G. S. *Phytocenology: principles and methods*. Moscow, Nauka Publ., 1978. 211 p. (in Russian).
6. Sapegin L.M., Daineko N.M. *The structure and functioning of meadow ecosystems: (environmental monitoring)*. Gomel, Gomel State University, 2002. 201 p. (in Russian).
7. Kozlov L.G., Mikhkiev A.I., Sin'kevich E.I. *Meadow agrocenoses on reclaimed lands*. Leningrad, Nauka Publ., 1982. 180 p. (in Russian).
8. Ivanova N.N., Kapsamun A.D., Ambrosimova N.N. Forage and environment-forming potential of pasture grasses on the drainage land of the Central Non-Chernozem region. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2019, no. 4, pp. 14–17 (in Russian).
9. Wang S., Fu B.J., Gao G.Y., Zhou J. The hydrological responses of different land cover types in a re-vegetation catchment area of the Loess Plateau, China *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2012, vol. 9, no. 5, pp. 5809–5835. <https://doi.org/10.5194/hessd-9-5809-2012>
10. Kiryushin V.I. *Concept for the development of agriculture in the Non-Black Soil Region*. St. Petersburg, Kvadro Publ., 2020. 375 p. (in Russian).
11. Ivanov D.A. *Landscape-adaptive farming systems: (agroecological aspects)*. Tver, ChuDo Publ., 2001. 305 p. (in Russian).
12. Ivanov D.A., Kovalev N. G. *Landscape and reclamation farming systems: (applied agrogeography)*. Tver, A.N. Kondrat'ev Publ., 2017. 310 p. (in Russian).
13. Ivanov D.A., Karaseva O.V., Rublyuk M.V. Study of the dynamics of grass productivity based on long-term monitoring data. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2021, no. 22 (1), pp. 76–84 (in Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.76-84>
14. Ivanov D.A., Karaseva O.V., Rublyuk M.V. Results of long-term monitoring perennial grasses productiveness within agrolandscape. *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 2019, no. 5, pp. 8–11 (in Russian). <https://doi.org/10.30850/vrsn/2019/5/8-11>
15. Ivanov D.A., Rublyuk M.V., Karaseva O.V. Monitoring of the influence of environmental factors on the yield of herbage. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2019, no. 8, pp. 10–14 (in Russian).
16. Rabotnov T.A. *Meadow studies*. 2nd ed. Moscow, Publishing house of Moscow State University, 1984. 320 p. (in Russian).
17. Maevskii P.F. *Flora of the middle zone of the European part of Russia*. 10th ed. Moscow, KMK Scientific Publishing Association, 2006. 600 p. (in Russian).
18. Larin I.V. On the method of studying the biological and economic productivity of grassy hayfields and pastures. *Botany (research)*. Minsk, 1968, iss. 10, pp. 15–24 (in Russian).
19. Thompson P.L., Gonzalez A. Ecosystem multifunctionality in metacommunities. *Ecology*, 2016, vol. 97, no. 10, pp. 2867–2879. <https://doi.org/10.1002/ecy.1502>
20. Xu M., Zhang S., Wen J., Yang X. Multiscale spatial patterns of species diversity and biomass together with their correlations along geographical gradients in subalpine meadows. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, no. 2, p. e0211560. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211560>
21. Gonzalez A., Germain R.M., Srivastava D.S., Filotas E., Dee L.E., Gravel D., Thompson P.L., Isbell F., Wang S., Kéfi S., Montoya J., Zelnik Y.R., Loreau M. Scaling-up biodiversity-ecosystem functioning research. *Ecology Letters*, 2020, vol. 23, no. 4, pp. 757–776. <https://doi.org/10.1111/ele.13456>
22. Thomas R.J., Akhtar-Schuster M., Stringer L.C., Marques M.J., Escadafal R., Abraham E., Enne G. Fertile ground? Options for a science-policy platform for land. *Environmental Science and Policy*, 2012, vol. 16, pp. 122–135. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.11.002>
23. Egeru A., Wasonga O., Kyagulanyi J., Majaliwa G., MacOpiyo L., Mburu J. Spatio-temporal dynamics of forage and land cover changes in Karamoja sub-region, Uganda. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 2014, vol. 4, no. 1, art. 6. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-4-6>
24. Polynov B.B. *Selected works*. Moscow, Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1956. 751 p. (in Russian).

25. Heil K., Heinemann P., Schmidhalter U. Modeling the effects of soil variability, topography, and management on the yield of barley. *Frontiers in Environmental Science*, 2018, vol. 6, art. 146. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00146>
26. Jiang P., Thelen K.D. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn–soybean cropping system. *Agronomy Journal*, 2004, vol. 96, no. 1, pp. 252–258. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0252>
27. Tikhodeeva M.Yu., Lebedeva V.Kh. *Practical geobotany: analysis of the composition of plant communities*. St. Petersburg, Publishing House of St. Petersburg University, 2015. 165 p. (in Russian).
28. Ponyatovskaya V.M. Consideration of species abundance and distribution patterns in natural plant communities. *Field geobotany. Vol. 3*. Moscow, Leningrad, 1964, pp. 209–299 (in Russian).
29. Ivanov D.A., Korneeva E.M., Salikhov R.A., Petrova L.I., Pugacheva L.P., Rublyuk M.V. Creating a new generation of landscape landfill. *Zemledelie*, 1999, no. 6, pp. 15–16 (in Russian).
30. Plokhinskii N.A. *Biometrics*. 2nd ed. Moscow, Publishing House of Moscow University, 1970. 367 p. (in Russian).

### Информация об авторах

Иванов Дмитрий Анатольевич – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий отделом мониторинга состояния и использования осушаемых земель, ВНИИМЗ – филиал ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева» (пос. Эммаусс, 27, 170530, Тверская обл., Российская Федерация). E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-2588-272X>

Лисицын Ярослав Сергеевич – младший научный сотрудник отдела мониторинга состояния и использования осушаемых земель, ВНИИМЗ – филиал ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева» (пос. Эммаусс, 27, 170530, Тверская обл., Российская Федерация). E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru ; <http://orcid.org/0000-0002-3444-7949>

### Information about the authors

Dmitry A. Ivanov – Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, D. Sc. (Agricultural), Professor, Head of the Department of Monitoring the Condition and Use of Drained Lands, VNIIMZ – Branch of the FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute (27, Emmauss village, Tver Region, 170530, Russian Federation). E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru ; <https://orcid.org/0000-0002-2588-272X>

Yaroslav S. Lisitsyn – Junior Researcher of the Department of Monitoring the Condition and Use of Drained Lands. VNIIMZ – Branch of the FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute (27, Emmauss village, 170530, Tver Region, Russian Federation). E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru ; <http://orcid.org/0000-0002-3444-7949>