

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ОСНОВАН В 1971 г.

Том 49, № 4 (269)



2019
июль – август

Главный редактор академик РАН А.С. ДОНЧЕНКО
Заместитель главного редактора О.Н. ЖИТЕЛЕВА

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В.В. Альт	академик РАН, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, Москва, Россия
В.Н. Делягин	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, Москва, Россия
Н.А. Донченко	доктор ветеринарных наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	доктор технических наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, Москва, Россия
В.К. Каличкин	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	доктор технических наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полунина	доктор сельскохозяйственных наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	доктор биологических наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солошенко	академик РАН, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмцов	академик РАН, Омск, Россия
И.Н. Шарков	доктор биологических наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегий:

В.В. Азаренко	доктор технических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	доктор ветеринарных наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	доктор ветеринарных наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Астана, Казахстан
В.С. Николов	доктор ветеринарных наук, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София, Болгария

Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*
Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*
Переводчик *Е.А. Романова*

Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463.
Тел./факс (383)348-37-62
e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

Сдано в набор 01.09.19. Подписано в печать 17.09.19. Формат 60 × 84¹/₈. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 12,25.
Уч.-изд. л. 12,0. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий Российской академии наук
© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», 2019
© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2019

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в утвержденный ВАК Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал представлен в международной библиографической базе данных Agris, включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США).

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» входит в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ

AGRICULTURE AND CHEMICALIZATION

Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Егорычева М.Т., Иванова И.А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания

5 Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Egorycheva M.T., Ivanova I.A. Phytosanitary condition of spring wheat crops depending on cultivation technology

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Изменчивость селекционно-ценных признаков ярового ячменя

17 Lamazhap R.R., Lipshin A.G Variability of characteristics valuable for breeding of spring barley

Рожанская О.А., Горшкова Е.М. Культура *in vitro* как источник биоразнообразия для селекции сои

24 Rozhanskaya O.A., Gorshkova E.M. *In vitro* culture as a source of biodiversity for soybean breeding

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

- Жукова Е.Ю., Барсукова И.Н., Жуков А.А.** 32 **Zhukova E.Yu., Barsukova I.N., Zhukov A.A.** Productivity of fodder areas according to Terra Modis data
- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** 42 **Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.** Productivity and nutritional value of sunflower and Sudan grass

**ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ**

**ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE**

- Магер С.Н., Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А., Халина О.Л.** 49 **Mager S.N., Goncharenko G.M., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Gerasimchuk L.D., Shishkina M.A., Khalina O.L.** Influence of protein and hormone genes on productivity and longevity of Simmentals
- Колчев А.Г.** 58 **Kolchev A.G.** Productivity of first-calf cows of different sire lines

**МЕХАНИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ,
МОДЕЛИРОВАНИЕ
И ИНФОРМАЦИОННОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**MECHANISATION,
AUTOMATION, MODELLING
AND DATAWARE**

- Каличкин В.К., Корякин Р.А., Куценогой П.К.** 65 **Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Kutsenogiy P.K.** Architecture and principles of work of agrarian intelligent system

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

PROBLEMS. SOLUTIONS

- Чепурин Г.Е.** Тенденции и целесообразность классификации зерноуборочных комбайнов 76 **Chepurin G.E** Trends and expediency of classification of combine harvesters
- Савельева Д.А., Каличкин В.К.** Применение цифровых технологий при изучении водной эрозии почв Западной Сибири 86 **Savelieva D.A., Kalichkin V.K.** Application of digital technologies in the study of water erosion of soils in Western Siberia

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF REPORTS

- Шкуратова Г.М., Базарон Б.З., Хамируев Т.Н., Дашинимаев С.М.** Адаптивные изменения кожно-волосного покрова лошадей забайкальской аборигенной породы 101 **Shkyratova G.M., Bazaron B.Z., Khamiruev T.N., Dashinimaev S.M.** Adaptive changes of the hair coat of the horses of zabaykalsky aboriginal breed



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-1

УДК: 632.7:632.4:633.1:631.51

ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Егорычева М.Т., Иванова И.А.

*Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Для цитирования: Власенко Н.Г., Кулагин О.В., Егорычева М.Т., Иванова И.А. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от технологии возделывания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 5–16. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-1

For citation: Vlasenko N.G., Kulagin O.V., Egorycheva M.T., Ivanova I.A. Fitosanitarnoe sostoyanie posevov yarovoi pshenitsy v zavisimosti ot tekhnologii vozdeleyvaniya [Phytosanitary condition of spring wheat crops depending on cultivation technology]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 5–16. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-1

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучено формирование фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы, выращиваемой по технологии No-Till, в сравнении с традиционной в отношении основных вредителей и болезней. Длительный стационарный опыт заложен в 2008 г. в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе в Новосибирской области на черноземе выщелоченном. В начале освоения технологии No-Till растительные остатки на поверхности почвы разлагались почти полностью, но после пятилетнего использования начал образовываться мульчирующий слой, который не разлагался за вегетационный период. Это повлияло на динамику температуры верхнего слоя почвы. Она была ниже на технологии No-Till на 1,1–6,0 °С. Это повлияло на заселение посевов хлебной полосатой блошкой. В среднем за 7 последних лет опыта ее численность была в 2,4 раза ниже в посевах пшеницы, выращиваемой по технологии No-Till, в сравнении с традиционной технологией. Внутрстеблевые вредители также повреждали главные побеги в 1,5 раза, боковые в 1,4 раза сильнее

PHYTOSANITARY CONDITION OF SPRING WHEAT CROPS DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGY

Vlasenko N.G., Kulagin O.V.,
Egorycheva M.T., Ivanova I.A.

*Siberian Federal Scientific Centre
of AgBioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

The paper presents the results of research into the formation of phytosanitary conditions for spring wheat crops grown with No-Till technology, compared to the traditional one, with regard to basic pests and diseases. The long-term stationary experiment was laid down in 2008 on leached chernozem in the Central forest-steppe Ob agrolandscape district of Novosibirsk region. At the beginning of development of No-Till technology, plant residues decomposed on the soil surface almost completely, but after five years of use, a mulch cover began to form, which did not decompose during the vegetative period. This affected the temperature dynamics of the upper soil layer. With No-Till technology it was 1.1–6.0 °C lower. This influenced settling of barley flea beetles in crops. On average, over the last 7 years of experiment, their number was 2.4 times lower in wheat crops grown with No-Till technology compared to traditional one. Damage of main shoots by intra-stem pests was 1.5 times, and lateral ones 1.4 times higher in wheat crops with traditional technology compared to No-

в посевах пшеницы по традиционной технологии в сравнении с No-Till. Личинок пшеничного трипса в колосьях было в 1,3 раза больше на No-Till в сравнении с традиционной технологией. Несмотря на накопление растительных остатков на поверхности почвы, существенного увеличения пораженности растений обыкновенной корневой гнилью на технологии No-Till не обнаружено. В среднем корневая система пшеницы на технологии No-Till поражалась больше на 1,8% в сравнении с традиционной. Проблему корневых гнилей возможно разрешить включением в севооборот фитосанитарных культур – овса и редьки масличной. Существенных различий по развитию листовых инфекций (септориоз, мучнистая роса, бурая ржавчина) по технологиям не обнаружено. Своевременное применение фунгицидов нивелирует проблему болезней листьев. Исследования показали, что проблемы с вредителями и болезнями решаются предусмотренными технологией химическими обработками и при использовании технологии No-Till не требуется дополнительных защитных мероприятий.

Ключевые слова: технология No-Till, фитосанитарная ситуация, корневые гнили, болезни листьев, хлебная полосатая блошка, внутристеблевые вредители, пшеничный трипс

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях использование технологии No-Till – большой шаг в направлении экологизации земледелия, сохранения почвенного плодородия, максимального ресурсо- и энергосбережения и в конечном итоге – повышения эффективности сельскохозяйственного производства. Суть данной технологии заключается в полном отказе от механических обработок почвы, оставлении и максимальном сохранении растительных остатков на ее поверхности. Однако освоение No-Till обеспечивает как преимущества, так и вызывает серьезные риски из-за радикального изменения средообразующих факторов [1], что может существенно изменить фитосанитарную ситуацию в агроценозе. Так, при оставлении на поле стерни наблюдается более высокая степень распространеннос-

Till. In contrast, presence of wheat thrips larvae in ears was 1.3 times higher when using No-Till compared to traditional technology. Despite the accumulation of plant residues on the soil surface, there was no significant increase in the damage to plants by common root rot with No-Till technology. On average, when using No-Till technology wheat root system was affected by 1.8% more compared to the traditional one. The problem of root rot can be solved by including phytosanitary crops in the crop rotation, like oats and oil radish. There were no significant differences in the development of leaf infections (Septoria blight, powdery mildew, brown rust) between both technologies. Timely use of fungicides eliminates the problem of leaf diseases. The study showed that problems with pests and diseases are solved by the chemical treatments included in the technology, and that with No-Till technology additional protective measures are not required.

Keywords: No-Till technology, phytosanitary condition, common root rot, leaf diseases, barley flea beetle, intra-stem pests, wheat thrips

ти обыкновенной корневой гнили, что, вероятно, связано с большей доступностью субстрата для споруляции *B. sorokiniana*. В то же время отмечена более высокая степень распространенности корневой гнили при обработке почвы, чем при No-Till. Основным фактором, влияющим на этот процесс, является более глубокая заделка семян на участках с обработкой почвы [2]. Даже такой прием, как использование различных – долотообразных или культиваторных (стреловидных) – сошников, влияет на развитие корневых гнилей [3]. Считается, что исключение основной и предпосевной обработки почвы ослабляет растения, повышает их восприимчивость к факультативным патогенам, в том числе к листовостеблевым инфекциям [4]. Однако установлено, что на развитие листовых инфекций больше влияют погодные условия, содержание питательных веществ в почве

и севооборот, чем обработки почвы [5–7]. Есть данные, что минимальные обработки и No-Till снижают пораженность болезнями благодаря положительному воздействию на биологию почвы [8, 9].

Известно, что многие виды насекомых большую часть жизненного цикла в той или иной фазе развития проводят в почве. Обработки почвы, помимо механического уничтожения насекомых, улучшают или ухудшают физические свойства среды их обитания через изменение температуры, режимов влажности и аэрации. Кроме того, при проведении обработки почвы происходит уничтожение сорняков и всходов падалицы, на которых проходят дополнительное питание или зимовку некоторые виды вредителей. Механические обработки почвы – мощный фактор контроля численности тех видов, которые проводят одну или больше фаз жизненного цикла в почве, причем наиболее губительны для большинства из них глубокие обработки [10]. В то же время обобщение данных 45 исследований показало, что популяции 28% видов вредителей возрастали, 29 – не претерпели существенного изменения, 43% уменьшились с минимизацией обработки почвы [11]. Минимизация обработки почвы по-разному влияет на различные виды вредителей, что зависит от их жизненного цикла и стратегии выживания [12]. При некоторых способах обработки почвы, особенно без заделки растительных остатков и сохранения на достаточно длительный период вегетирующей сорной растительности и падалицы, наблюдается накопление и сохранение как вредных видов (цикадок, тлей, клопов, совков, хлебной жужелицы, хлебных жуков, щелкунов, блошек, мух, стеблевых пилильщиков и др.), так и полезных (хищных клопов, хищных жужелиц, перепончатокрылых, тахин, пауков, пресмыкающихся, птиц, насекомыхядных млекопитающих). Цветущая сорная растительность, в свою очередь,

активизирует ряд энтомофагов: ихневмонид, сирфид и др. [10].

Следует также подчеркнуть, что формирование системы No-Till происходит более 20 лет [13] и данные, полученные в краткосрочных (3–4 года) опытах, могут не соответствовать ситуации при длительном ее использовании.

Цель исследования – изучить в длительном стационарном опыте особенности формирования фитосанитарной ситуации в посевах пшеницы, выращиваемой по технологии No-Till, в сравнении с традиционной в отношении основных вредителей и болезней, характерных для лесостепи Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В 2008 г. на опытном поле СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, расположенном в центрально-лесостепном Приобском агроландшафтном районе, развернут стационар по сравнительному изучению технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Изучены следующие технологии:

- традиционная (зябь глубокая плоскорезная, предпосевная культивация и посев СЗП-3,6);

- No-Till (прямой посев по оставленной с осени стерне сеялкой, оборудованной анкерными сошниками шириной 2 см).

Опыт проведен в двух трехпольных севооборотах: 1) пшеница – пшеница – овес; 2) пшеница – пшеница – полевые капустовые. Каждый из севооборотов включал фитосанитарную культуру: в первом случае овес, во втором – горчицу сатепскую или редьку масличную. При закладке опыта планировалось, что каждая культура в севообороте выращивается: 1) без удобрений и пестицидов, посев протравленными семенами (контроль); 2) с комплексным использованием агрохимикатов. Однако полное заращение контрольных делянок двудольными сорняками уже со второго года проведения опытов обусловило необходимость опрыскивания гербицидом всей

делянки и подтвердило полную невозможность освоения технологии No-Till без химической борьбы с сорняками. В связи с этим с 2010 г. в контроле удобрения не применяли, но опрыскивали посеы противодвудольным гербицидом. В варианте с комплексным использованием агрохимикатов вносили удобрения ($N_{60}P_{20}$). Кроме того, применяли средства защиты растений:

- протравливание семян зерновых фунгицидным протравителем;
- в фазе кущения обработка пшеницы баковой смесью противозлакового и противодвудольного гербицидов, овса – только противодвудольным гербицидом;
- в фазе флаг-лист – начало колошения зерновых обработка фунгицидом против листостеблевых инфекций + инсектицидом в некоторые годы, на капустовых – опрыскивание в фазе всходов инсектицидом;
- в фазе розетки – стеблевания обработка граминицидом и дикотицидом.

Отсутствие пара при длительном освоении технологии No-Till обусловило недостаток минерального питания в контроле. Как следствие, продуктивность пшеницы была очень низкой, что привело к сильному зарастанию контрольных делянок сорняками, поскольку культура не могла конкурировать с ними. Таким образом, в процессе освоения технологии No-Till на черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири установлено, что эту технологию невозможно реализовать без комплексного применения удобрений и средств защиты растений. В связи с этим с 2015 г. все культуры выращивали на фоне полного применения агрохимикатов. Повторность опыта трехкратная. Площадь участка под технологиями возделывания

2600 м², под севооборотом 1320 м². Площадь контрольной делянки 80 м², делянки с комплексным использованием агрохимикатов 320 м².

Особенности формирования фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы изучали на контрольных делянках в отношении тех объектов, обработки против которых нивелируют различия по технологиям (листостеблевые инфекции). В остальных случаях использовали данные с делянок с удобрениями и полным комплексом средств защиты. Для оценки фитосанитарной ситуации в посевах яровой пшеницы в отношении основных болезней и вредителей использовали стандартные методики. Развитие обыкновенной корневой гнили определяли дифференцированно по органам¹, листостеблевых инфекций (септориоз, мучнистая роса, бурая листовая ржавчина) – с помощью универсальных шкал². Для учета численности хлебных полосатых блошек на всходах использовали ящик Петлюка. Поврежденность пшеницы внутрестеблевыми вредителями определяли путем вскрытия стеблей отобранных проб растений, заселенность колосьев личинками пшеничного трипса – просмотром отобранных проб колосьев³. Математическая обработка данных проведена с помощью пакета прикладных программ Snedecor⁴.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До закладки опыта на экспериментальном поле 2 года подряд по интенсивной технологии выращивали яровую пшеницу по фону глубокого безотвального рыхления. Урожайность зерна в данных посевах была на уровне 4 т/га. Во время

¹Чулкина В.А. Методические указания по учету обыкновенной корневой гнили хлебных злаков в Сибири дифференцированно по органам. Новосибирск, 1972. 23 с.

²Санин С.С., Соколова Е.А., Черкашин В.И. Болезни зерновых культур (рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга). М.: Росинформагротех, 2010. 137 с.

³Горбунов Н.Н., Цветкова В.П., Пивень В.Б., Коробов В.А., Шадрин Н.Ф., Бедин Л.Н., Васильковская Л.Н., Кнор И.Б., Виноградов С.Б. Фитосанитарный контроль за вредителями и сорняками сельскохозяйственных культур в Сибири: учебное пособие. Новосибирск, 2001. 146 с.

⁴Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

уборки урожая всю солому измельчали и оставляли на поверхности почвы. К началу закладки опыта на поверхности почвы в 2008 г. накопилось 312 г/м² воздушно-сухих растительных остатков. Анализ их накопления показал, что в среднем за годы исследований воздушно-сухая масса растительных остатков на No-Till технологии достигала 367 г/м² и была выше, чем на фоне традиционной технологии возделывания до предпосевной культивации (209 г/м²), в 1,8 раза. В начале освоения технологии No-Till растительные остатки разлагались практически полностью к фазе колошения пшеницы. Однако уже после пятилетнего их использования при средней урожайности пшеницы 3 т/га на поверхности почвы начал образовываться мульчирующий слой, который не разлагался в течение вегетационного периода. Процесс накопления растительных остатков и мульчирующего слоя на поверхности почвы сопровождался изменением температуры в верхнем слое почвы. В течение первой ротации севооборотов температура почвы практически не различалась в зависимости от технологии возделывания культур. Однако в начале второй ротации в 2011 г. в III декаде мая после посева пшеницы наблюдалось устойчивое снижение температуры почвы на No-Till технологии на глубине 5 см на 0,7–1,6 °С, на 10 см – на 0,6–1,1 °С. При росте температуры воздуха в начале июня до 29 °С различия увеличивались до 3 и 2 °С соответственно и сохранялись вплоть до кущения пшеницы. В дальнейшем различия по технологиям стабильно наблюдались во все годы исследований (см. табл. 1). Как правило,

эти температурные различия отмечали до фазы кущения пшеницы, в 2015 г. – даже до фазы колошения.

Накопление растительных остатков и мульчирующего слоя на поверхности почвы, изменение ее температурного режима не могло не сказаться на формировании популяций насекомых-вредителей. Изучение особенностей заселения посевов яровой пшеницы хлебной полосатой блошкой (*Phyllotreta vittula* (Redt.)) показало, что в первые годы ротации севооборотов ее численность была на уровне 16–48 экз./м² и не различалась в зависимости от технологии выращивания. Начиная с 2012 г., жаркие и засушливые условия которого способствовали интенсивному заселению посевов этим вредителем, выявились различия в его численности в посевах пшеницы по технологиям возделывания. В среднем за 7 последующих лет численность блошек на No-Till технологии была ниже в 2,4 раза, чем на традиционной, максимальные различия составили 4,0–4,2 раза (см. рис. 1).

Данная закономерность отмечена во все годы исследований на фоне сильного колебания численности по годам (доля влияния условий года составила 54,4%). Другие изучаемые факторы – севооборот и положение пшеницы в севообороте – почти не влияли на плотность популяции блошек. Столь значительное влияние технологии на заселение посевов вредителем обусловлено лучшим прогревом почвы в условиях отсутствия растительных остатков при ее обработке.

Заселенность пшеницы внутрестеблевыми вредителями – стеблевыми блошками (*Chaetocnema aridula* Gyll. и *Ch. hortensis* Geoffr.), ячменной шведской

Табл. 1. Максимальное снижение температуры почвы на No-Till технологии по сравнению с традиционной, °С

Table 1. Maximum soil temperature decrease with No-Till technology compared to the traditional one, °С

Глубина, см	Год					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
5	2,0	6,0	3,2	2,6	1,8	3,5
10	4,6	1,9	3,0	1,1	1,2	2,9

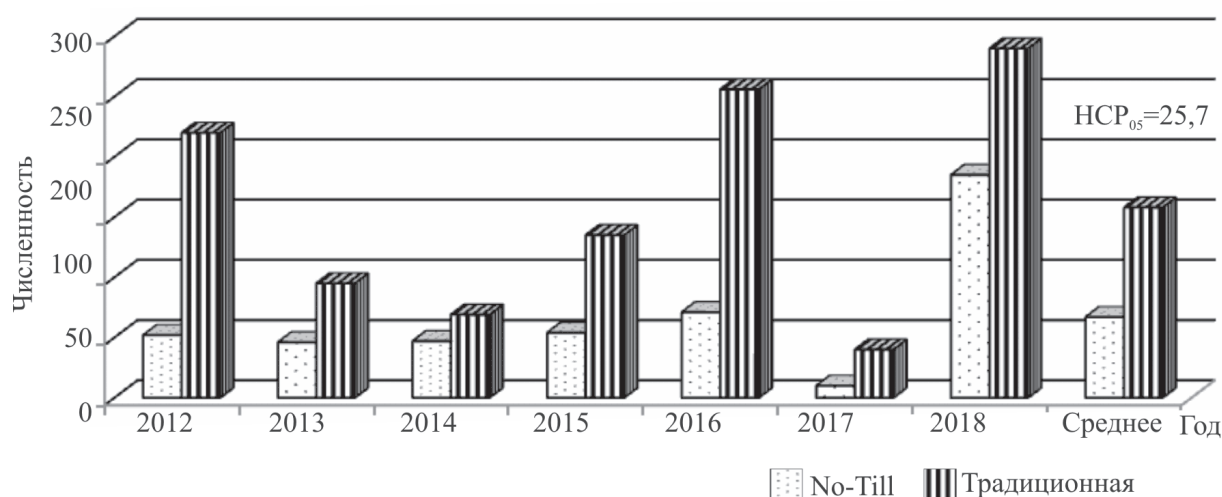


Рис. 1. Влияние технологий выращивания пшеницы на численность хлебных полосатых блошек, экз./м²
Fig. 1. Influence of wheat cultivation technologies on the number of barley flea beetles, number/m²

(*Oscinella pusilla* Mg.) и яровой мухами (*Phorbia genitalis* Shnabl.) – была подвержена сильным колебаниям в зависимости от условий года. Поврежденность главных стеблей пшеницы изменялась по годам от 1 до 14%, боковых – от 0 до 34%, доля влияния фактора «год» составила 36 и 63% соответственно. Несмотря на это, технологии также оказывали определенное влияние на поврежденность растений этими вредителями. Главные стебли пшеницы при выращивании по традиционной технологии были повреждены сильнее в 1,5, боковые – в 1,4 раза, чем по No-Till технологии (см. табл. 2).

Максимальные различия достигали 3,5 и 13,0 раза соответственно. По-видимому, как и в случае с хлебной полосатой блошкой, это связано с более высокой темпе-

ратурой почвы и околоземного воздуха, что определило и более раннее появление всходов, которые активнее заселялись вредителями. Следует отметить, что за все годы исследований только в 2014 г. поврежденность главных стеблей превышала 10%, в остальные она была ниже порога вредоносности. Что касается боковых стеблей, то известно, что их повреждение слабо сказывается на урожайности⁵.

Численность личинок пшеничного трипса (*Haplothrips tritici* (Kurd.)) также наиболее сильно зависела от погодных условий лет исследований. Доля влияния данного фактора составляла 84%, численность вредителя колебалась по годам от 4 до 96 экз./колос (см. рис. 2). Что касается технологии возделывания, то здесь наблюдали увеличение (кроме 2014 г.) чис-

Табл. 2. Влияние технологии возделывания на поврежденность стеблей пшеницы внутрестеблевыми вредителями, шт./100 растений

Table 2. Influence of wheat cultivation technologies on wheat stem damage by intra-stem pests, number/100 plants

Технология	Год								Среднее
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
No-Till	2,5/20*	2/3,5	2/3	9/18	4/5	2/17	2/0	3/4	3,3/8,8
Традиционная	4/34	2/6	7/2	14/22	4/5	1/16	5/13	2/1	4,9/12,4
HCP ₀₅									2,8/4,6

*Главные/боковые.

⁵Коробов В.А., Власенко Н.Г. Защита мягкой яровой пшеницы от комплекса специализированных вредителей в Западной Сибири. Новосибирск, 2007. 24 с.

ленности трипса в колосьях пшеницы, выращиваемой по No-Till технологии, в сравнении с традиционной в среднем в 1,3 раза. Максимальное различие составило 3,5 раза. Следует отметить, что в 2015 и 2016 гг. посевы пшеницы обработали в фазе начала колошения инсектицидом из-за высокой численности имаго пшеничного трипса. В 2015 г. она варьировала от 32 до 32,5 экз./растение и не различалась в зависимости от технологии выращивания. В 2016 г. посевы пшеницы, выращиваемой по традиционной технологии, заселялись имаго пшеничного трипса с численностью немного ниже, чем по No-Till технологии, – 132 и 145 экз./растение соответственно.

В течение 11 лет наблюдений за особенностями формирования фитосанитарной ситуации пьявица красногрудая (*Ouleta melanopus* L.) в посевах пшеницы зафиксирована лишь 2 раза. В 2014 г. единичные экземпляры ее обнаружены на овсе, в 2015 г. она заселяла посевы с численностью 1–2 личинки на растение. Учеты показали, что наибольшая поврежденность флагового листа (25,4%) и частота встречаемости (47%) повреждений отмечены

в посевах по традиционной технологии в севообороте с овсом, в севообороте с капустовыми показатели составили 18,9 и 34,0% соответственно. Флаг-лист пшеницы, выращиваемой по No-Till технологии, в севообороте с овсом был поврежден на 6,4% с частотой встречаемости 11%, в севообороте с капустовыми – на 3,8 и 9,0%. В 2016 г. заселение личинками пьявицы пшеницы при традиционной технологии возделывания не превышало 1–5% растений, численность вредителя составила 1 экз./растение, поврежденность флаговых листьев – 50–60%. В посевах пшеницы, возделываемой по No-Till технологии, пьявица встречалась единично.

Несмотря на накопление растительных остатков и мульчи на поверхности почвы при No-Till технологии, снижение температуры почвы, существенного влияния на пораженность растений пшеницы обыкновенной корневой гнилью (возбудители *Bipolaris sorokiniana* Shoem. и *Fusarium* spp.) это не оказало. Учеты развития корневых гнилей показали, что в целом развитие болезней в фазе кущения было слабым – 0,9–4,8%, лишь в отдельные годы (2011,

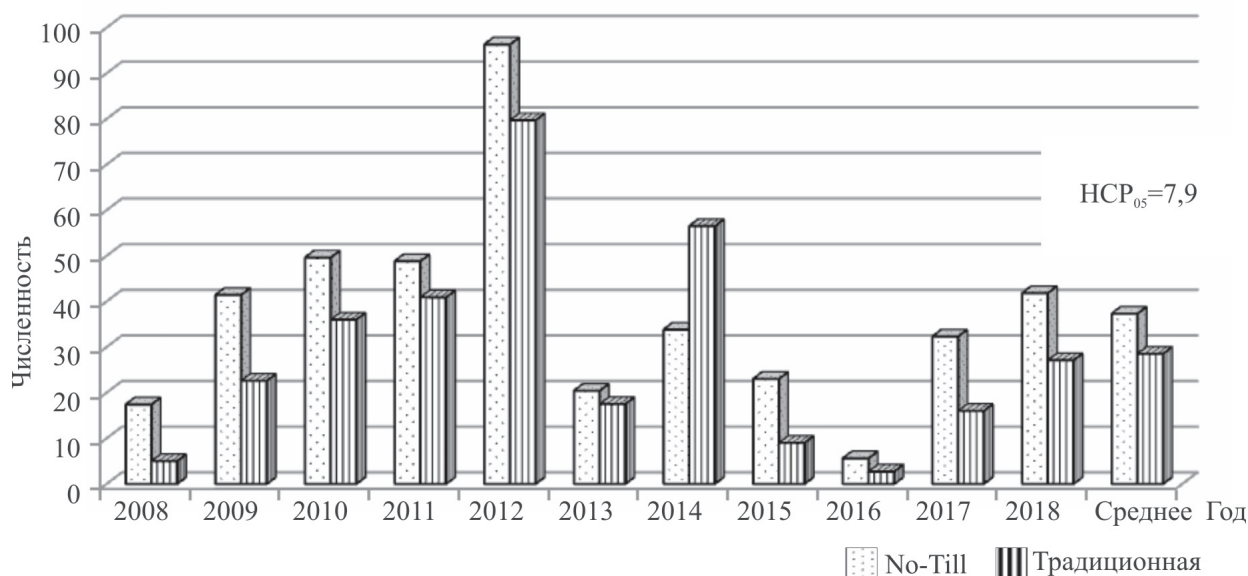


Рис. 2. Влияние технологий выращивания пшеницы на заселенность колосьев личинками пшеничного трипса, экз./колос

Fig. 2. Influence of wheat cultivation technologies on contamination of wheat ears with wheat thrips larvae, number/ear

2012) оно превышало 5%. В среднем за годы исследований на No-Till технологии индекс развития болезни был выше лишь на 1,04%. При этом севооборот не оказывал влияния на пораженность болезнью: в севообороте с овсом показатель составил 3,49%, с капустовыми – 3,35%. К фазе молочно-восковой спелости развитие болезни увеличилось, и в отдельные годы значения превышали 25% (см. рис. 3). Наибольшее влияние на развитие болезни в эту фазу развития пшеницы оказывали условия года (доля влияния фактора составила 55,4%). Технология и севооборот почти не влияли на пораженность растений корневой гнилью. В среднем за все годы исследований развитие болезни при выращивании пшеницы по No-Till технологии было выше на 1,8% в сравнении с традиционной. Таким образом, на основании проведенных наблюдений можно сделать вывод о том, что проблема корневых гнилей в посевах яровой пшеницы при вы-

ращивании по No-Till технологии эффективно решается включением в севооборот фитосанитарных культур. Как известно, и овес, и полевые капустовые культуры способствуют снижению развития корневых гнилей на последующей пшенице⁶ [14].

Учеты развития болезней в контрольном варианте на флаговых листьях в фазе молочно-восковой спелости зерна пшеницы показали, что ежегодно в посевах встречался септориоз (возб. *Septoria nodorum* Berk., *Septoria tritici* Rob. et Desm.). Индекс развития его варьировал от 0,5 до 18% при выращивании по No-Till технологии, и от 0,7 до 20,6% – по традиционной. В среднем на No-Till технологии пораженность растений болезнью была на 2,5% меньше, чем на традиционной, однако по годам ситуация различалась (см. табл. 3).

Индекс развития мучнистой росы (возб. *Blumeria graminis* (DC) Speer.) на флаговых листьях был, как правило, меньше, чем септориоза: 0,25–10,1% на No-Till и

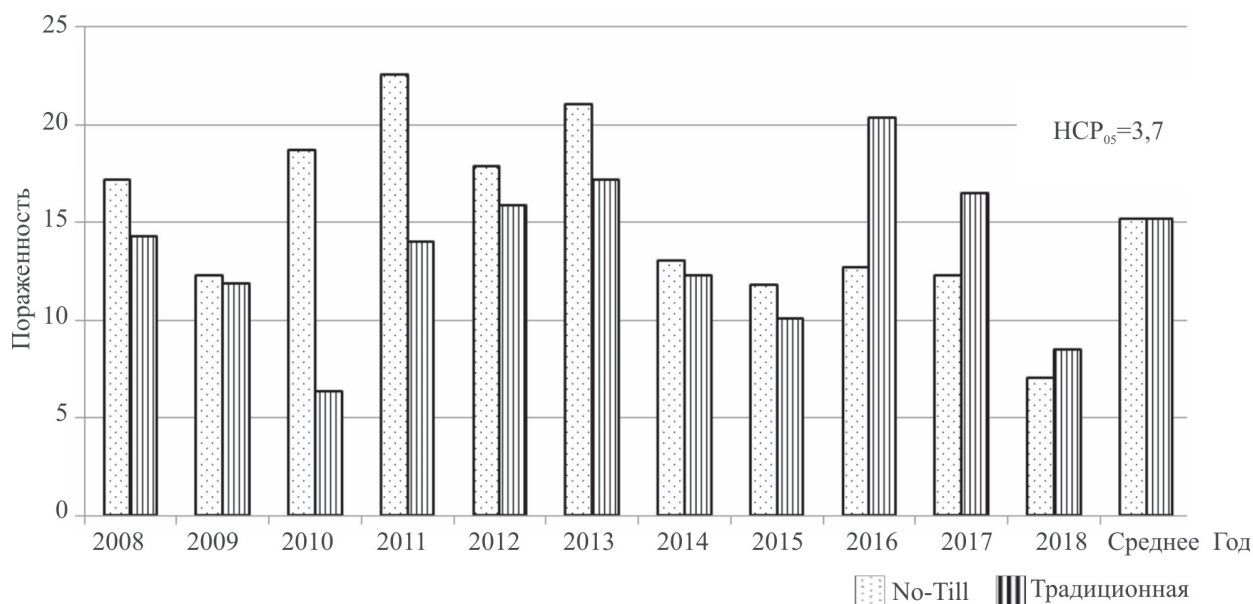


Рис. 3. Пораженность растений пшеницы корневой гнилью в фазе молочно-восковой спелости зерна при разных технологиях выращивания, %

Fig. 3. Lesion of wheat crops with root rot in the phase of milk-wax ripeness of grain when using different cultivation technologies, %

⁶Осипович А.М. Влияние предшественников на урожайность яровой пшеницы // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр. / Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси. Жодино, 2004. Вып. 40. С. 44–47.

Табл. 3. Влияние технологий на развитие болезней в посевах пшеницы, %

Table 3. Influence of technologies on disease development in wheat crops, %

Технология	Год							Среднее
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Септориоз								
No-Till	0,5	11,4	2,2	5,3	3,7	18,0	16,1	8,2
Традиционная	0,7	20,6	14,7	16,4	2,8	13,8	5,8	10,7
Мучнистая роса								
No-Till	0,3	0	2,0	4,4	7,2	10,1	8,2	4,6
Традиционная	0,5	0,3	1,1	0,9	17,7	5,3	4,9	4,4
Бурая ржавчина								
No-Till	0,8	4,3	1,7	1,0	0	6,5	0	2,0
Традиционная	0,8	1,9	3,2	0,6	0	3,9	0	1,5

0,3–17,7 – на традиционной технологии. В среднем он практически не различался в зависимости от технологии. Бурую листовую ржавчину (возб. *Puccinia recondita* Rob. et Desm.) отмечали не ежегодно, но индекс развития болезни был немного выше в посевах, выращиваемых по No-Till технологии.

В последующие годы из-за отсутствия контрольного варианта учеты пораженности растений болезнями проводили в нижнем ярусе листьев пшеницы до обработки фунгицидом и на флаговом, и подфлаговом листьях в фазе молочно-восковой спелости зерна после обработки.

В 2015 г. в фазе колошения пшеницы в нижнем ярусе листьев отмечено слабое развитие мучнистой росы и септориоза – от 0,3 до 2,9%. Обработка посевов фунгицидом сдерживала развитие мучнистой росы в фазу молочно-восковой спелости зерна на уровне 0–1,8% на флаговых листьях пшеницы и 0,4–2,6% – на подфлаговых. Развитие септориоза на флаговых листьях было также незначительным – 0,6–2,9%. При анализе данных по пораженности болезнью подфлаговых листьев установлено, что наиболее значимым фактором, влияющим на этот процесс, стал севооборот (доля влияния фактора составила 61%). В среднем по опыту при размещении пшеницы по редке масличной индекс развития болезни на этих листьях пшеницы был

на 7% ниже в сравнении с севооборотом с овсом, где показатель достигал 16,6%. В среднем по опыту немного сильнее (на 2,4%) поражались подфлаговые листья пшеницы, выращиваемой по No-Till технологии. В 2016 г. в первый учет отмечено слабое развитие септориоза – от 0,4 до 2,5%, очень редко встречалась мучнистая роса. В фазу молочно-восковой спелости зерна индекс развития мучнистой росы отмечен на уровне 0–0,02% на флаговых листьях пшеницы и 0–0,7% на подфлаговых. Развитие септориоза на флаговых листьях было также незначительным, однако показатели оказались немного выше – 0,4–2,7%. Как и в предыдущий год, при размещении пшеницы по редке масличной индекс развития болезни на подфлаговых листьях пшеницы был на 2,5% ниже в сравнении с севооборотом с овсом, где показатель достигал 10%. Также сильнее (на 2,0%) поражались подфлаговые листья пшеницы, выращиваемой по технологии No-Till (9,7%). В 2017 г. пораженность листьев нижнего яруса септориозом составила 0,4–2,5%. В фазе молочной спелости зерна индекс развития болезни варьировал от 6,5 до 13,8%. В эту фазу учета наибольшее влияние на показатель оказал предшественник (доля влияния фактора 28,7%). Развитие болезни на пшенице после фитосанитарных предшественников было в 1,3 раза ниже, чем на повторных

посевах. В 2018 г. отмечали среднее развитие септориоза – 2,2–11,2%. Очень редко встречалась мучнистая роса. Обработка посевов фунгицидом сдерживала развитие септориоза, и в фазе молочной спелости зерна индекс развития болезни варьировал от 4,1 до 10,8%. При анализе средних данных по пораженности болезнью флаговых и подфлаговых листьев установлено, что наиболее значимым фактором, влияющим на этот показатель, стал предшественник (доля влияния фактора – 34%). Развитие септориоза на пшенице после фитосанитарных культур было в 1,6 раза ниже, чем на повторных посевах. При размещении пшеницы по редьке масличной процент развития болезни на листьях пшеницы оказался на 1,8 ниже в сравнении с севооборотом с овсом, где показатель составил 6,7%. Также сильнее (на 2,0%) поражались листья пшеницы, выращиваемой по No-Till технологии (6,9%), чем по традиционной с глубоким рыхлением почвы.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что существенных различий в формировании фитосанитарного состояния посевов яровой пшеницы по No-Till технологии и традиционной, основанной на глубоком рыхлении, в отношении листовых инфекций нет. Своевременное применение фунгицидов в обоих случаях нивелирует проблему болезней листьев. Определенное положительное влияние на снижение пораженности растений листовыми болезнями могут оказывать и фитосанитарные культуры, например, редька масличная.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования показали, что для всех вредителей и болезней решающим фактором динамики являются условия года. В связи с отсутствием точного прогноза погоды и полных знаний о предикторах вредоносности нежелательных организмов выход видится в целенаправленном мониторинге последних. Проблемы с вредными

организмами решаются предусмотренными технологиями химическими обработками, и при использовании технологии No-Till не требуется дополнительных защитных мероприятий против вредителей и болезней в сравнении с традиционной технологией возделывания при условии выращивания культур в севообороте с включением фитосанитарных культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Derpsch R., Friedrich T., Kassam A., Li H.* Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits // *Journal Agricultural and Biological Engineering*. 2010. Vol. 3. P. 1–25. DOI: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.001-025.
2. *Wildermuth G.B., Thomas G.A., Radford B.J., McNamara R.B., Kelly A.* Crown rot and common root rot in wheat grown under different tillage and stubble treatments in southern Queensland, Australia // *Soil & Tillage Research*. 1997. Vol. 44. P. 211–224. DOI: 10.1016/S0167-1987(97)00054-8.
3. *Курлов А.П., Гилев С.Д., Замятин А.А., Цымбаленко И.Н., Степных Н.В.* Перспективы нулевой технологии возделывания яровой пшеницы в центральной лесостепи Зауралья // *Земледелие*. 2013. № 1. С. 25–28.
4. *Енкина О.В., Коробской Н.Ф.* Микробиологические аспекты сохранения плодородия черноземов Кубани: монография. Краснодар, 1999. 150 с.
5. *Krupinsky J.M., Tanaka D.L.* Leaf spot diseases on winter wheat influenced by nitrogen, tillage, and haying after a grass-alfalfa mixture in the conservation reserve program // *Plant Diseases*. 2001. Vol. 85. P. 785–789. DOI: 10.1094/PDIS.2001.85.7.785.
6. *Krupinsky J.M., Tanaka D.L., Merrill S.D., Liebig M.A., Lares M.T., Hanson J.D.* Crop Sequence Effects on Leaf Spot Diseases of No-Till Spring Wheat // *Agronomy Journal*. 2007. Vol. 99. N 4. P. 912–920. DOI: 10.2134/agronj2006.0130.
7. *Bailey K.L., Gossen B.D., Lafond G.P., Watson P.R., Derksen D.A.* Effect of tillage and crop rotation on root and foliar diseases of wheat and pea in Saskatchewan from 1991 to 1998: Univariate and multivariate analy-

- ses // *Canadian Journal of Plant Science*. 2001. Vol. 81. P. 789–803. DOI: 10.4141/P00-15.
8. Kladviko E.J. Tillage system and soil ecology // *Soil & Tillage Research*. 2001. Vol. 61. P. 61–76. DOI: 10.1016/S0167-1987(01)00178-7.
9. Krupinsky J.M., Bailey R.L., McMillen M.P., Gossen B.D., Turkington T.K. Managing plant disease risk in diversified cropping systems // *Agronomy Journal*. 2002. Vol. 94. P. 198–209. DOI: 10.2134/agronj2002.1980.
10. Орлов В.Н. Вредители зерновых колосовых культур: монография. М.: Печатный Город, 2006. 104 с.
11. Andersen A. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects // *Crop Protection*. 1999. Vol. 18. P. 651–657. DOI: 10.1016/S0261-2194(99)00071-x.
12. Stinner B.R., House G.J. Arthropods and Other Invertebrates in Conservation-Tillage Agriculture // *Annual Review of Entomology*. 1990. Vol. 35. P. 299–318. DOI: 10.1146/annurev.en.35.010190.001503.
13. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems // *Rainfed Farming Systems*. London. New York: Springer, 2011. Ch. 39. P. 991–1014. DOI: 10.1007/978-1-4020-9132-2.
14. Койшыбаев М., Куланбай К. Устойчивость яровой пшеницы к корневой гнили // *Защита и карантин растений*. 2010. № 7. С. 14–17.
15. of zero soil treatment for spring wheat cultivation in Central forest-steppe of Trans-Ural]. *Zemledelie* [Magazine “Zemledelie”], 2013, no. 1, pp. 25–28. (In Russian).
4. Enkina O.V., Korobskoi N.F. *Mikrobiologicheskie aspekty sokhraneniya plodorodiya chernozemov Kubani* [Microbiological aspects of soil fertility preservation in Kuban]. Krasnodar, 1999. 150 p. (In Russian).
5. Krupinsky J.M., Tanaka D.L. Leaf spot diseases on winter wheat influenced by nitrogen, tillage, and haying after a grass-alfalfa mixture in the conservation reserve program. *Plant Diseases*, 2001, vol. 85, pp. 785–789. DOI: 10.1094/PDIS.2001.85.7.785
6. Krupinsky J.M., Tanaka D.L., Merrill S.D., Liebig M.A., Lares M.T; Hanson J.D. Crop Sequence Effects on Leaf Spot Diseases of No-Till Spring Wheat. *Agronomy Journal*, 2007, vol. 99, no. 4, pp. 912–920. DOI:10.2134/agronj2006.0130.
7. Bailey K.L., Gossen B.D., Lafond G.P., Watson P.R., Derksen D.A. Effect of tillage and crop rotation on root and foliar diseases of wheat and pea in Saskatchewan from 1991 to 1998: Univariate and multivariate analyses. *Canadian Journal of Plant Science*, 2001, vol. 81, pp. 789–803. DOI: 10.4141/P00-15.
8. Kladviko E.J. Tillage system and soil ecology. *Soil & Tillage Research*, 2001, vol. 61, pp. 61–76. DOI: 10.1016/S0167-1987(01)00178-7.
9. Krupinsky J.M., Bailey R.L., McMillen M.P., Gossen B.D., Turkington T.K. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. *Agronomy Journal*, 2002, vol. 94, pp. 198–209. DOI: 10.2134/agronj2002.1980.
10. Орлов В.Н. *Vrediteli zernovykh kolosovykh kul'tur* [Pests of ear-forming grain crops]. М.: Pechatnyi Gorod Publ., 2006. 104 p. (In Russian).
11. Andersen A. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop Protection*, 1999, vol. 18, pp. 651–657. DOI: 10.1016/S0261-2194(99)00071-x.
12. Stinner B.R., House G.J. Arthropods and Other Invertebrates in Conservation-Tillage Agriculture. *Annual Review of Entomology*, 1990, vol. 35, pp. 299–318. DOI: 10.1146/annurev.en.35.010190.001503.

REFERENCES

13. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems. *Rainfed Farming Systems*, London, New York: Springer, 2011, ch. 39, pp. 991–1014. DOI: 10/1007/978-1-4020-9132-2.
14. Koishybaev M., Kulanbai K. Ustoichivost' yarovoi pshenitsy k kornevoi gnili [Resistance of spring wheat to root rot]. *Zashchita i karantin rastenii* [Board of Plant Protection and Quarantine], 2010, no. 7, pp. 14–17. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Власенко Н.Г.**, доктор биологических наук, академик РАН, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: vlas_nata@ngs.ru

Кулагин О.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Егорычева М.Т., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Иванова И.А., старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vlasenko N.G.**, Doctor of Science in Agriculture, Academician RAS, Head Researcher; address: PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: vlas_nata@ngs.ru

Kulagin O.V., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Egorycheva M.T., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Ivanova I.A., Senior Researcher

Дата поступления статьи 27.05.2019

Received by the editors 27.05.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-2

УДК: 633.16 (571.52)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕЛЕКЦИОННО-ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

¹Ламажап Р.Р., ²Липшин А.Г.

¹Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
г. Кызыл, Республика Тыва, Россия,

²Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»,
Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
г. Красноярск, Россия

Для цитирования: Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Изменчивость селекционно-ценных признаков ярового ячменя // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 17–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-2

For citation: Lamazhap R.R., Lipshin A.G. *Izmenchivost' selektsionno-tsennykh priznakov yarovogo yachmenya* [Variability of characteristics valuable for breeding of spring barley], *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 17–23. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-2

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты изучения (2016–2018 гг.) изменчивости признаков ярового ячменя для выделения наиболее устойчивых сортов. Исследования проведены в селекционном севообороте в питомнике конкурсного сортоиспытания в условиях лесостепной зоны Республики Тыва. Предшественник – чистый пар. Почва темно-каштановая легкосуглинистая. Учетная площадь делянки 28 м². Повторность четырехкратная. Закладка опытов, фенологические наблюдения, учет урожая и обработка данных проведены согласно утвержденным методическим рекомендациям. Погодные условия по влагообеспеченности и режиму среднесуточных температур в период исследований существенно различались: 2016, 2018 гг. – избыточно влажные (ГТК =

VARIABILITY OF CHARACTERISTICS VALUABLE FOR BREEDING OF SPRING BARLEY

¹Lamazhap R.R., ²Lipshin A.G.

¹Tuvinian Scientific Research Institute of Agriculture

Kyzyl, Republic of Tuva, Russia,

²Federal Research Center «Krasnoyarsk Science Center of the Siberian Branch

of the Russian Academy of Sciences»,

Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture
Krasnoyarsk, Russia

The results of the research (2016–2018) into variability of characteristics of spring barley with the purpose of obtaining the most resistant varieties are presented. The study was conducted in the crop rotation in the breeding nursery of competitive variety testing in the forest-steppe zone of the Republic of Tuva. It was preceded by bare fallow and repeated four times. The soil was dark chestnut, light loamy. The area of the plot registered for the study was 28 m². Testing, phenological observations, crop records and data processing were carried out in accordance with the approved methodological guidelines. The weather conditions for moisture availability and the average daily temperature regime during the study period varied significantly: in 2016, 2018, which was excessively wet, HTC (hydrothermal coefficient) was 1.65, 1.90, in moderately humid

1,65; 1,90), 2017 г. – умеренно влажный (1,36). Это позволило достоверно выявить наиболее приспособленные биотипы ярового ячменя. В Республике Тыва урожайность ярового ячменя в значительной мере зависит от адаптивных свойств возделываемых сортов и реализации главных параметров структуры урожайности: количество продуктивных стеблей, шт./м² ($r = 0,726 \pm 0,201 \dots 0,960 \pm 0,266$); масса 1000 зерен, г ($r = 0,648 \pm 0,179 \dots 0,883 \pm 0,245$). Увеличение числа зерен в колосе отрицательно влияет на урожайность ($r = 0,212 \pm 0,058 \dots -0,457 \pm 0,126$). Из изучаемых образцов ярового ячменя сибирской селекции выделены образцы для селекции на продуктивность (Л 19-101, У 50-3808, У 49-3795); высокое количество продуктивных стеблей (Ача, Л 19-101, У 49-3795, У 50-3808); высокую массу 1000 зерен (Ача, Л 9-101, У 50-3808, У 49-379). Данные сорта необходимо вовлекать в программу скрещиваний адаптивной селекции для территории Республики Тыва.

Ключевые слова: яровой ячмень, урожайность, продуктивность, адаптивная селекция

ВВЕДЕНИЕ

Достижение независимости и конкурентоспособности агропромышленного комплекса Российской Федерации возможно путем увеличения объема и обеспечения стабильности производства сельскохозяйственной продукции. В основе решения этих задач лежит создание новых адаптивных сортов и дальнейшее их внедрение. Координатором по селекции зерновых культур в восточносибирском макрорегионе является Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», где учеными-селекционерами разработана программа повышения адаптивности вновь создаваемых сортов зерновых до 2030 г. Территория Республики Тыва имеет резко континентальный климат с продолжи-

2017 HTC equaled 1.36. This made it possible to reliably identify more adapted biotypes of spring barley. In the Republic of Tuva, the yield of spring barley largely depends on the adaptive properties of cultivated varieties and the implementation of the main parameters of the yield structure: the number of productive stems, pieces/m² ($r = 0.726 \pm 0.01 \dots 0.960 \pm 0.266$); the mass of 1000 grains, g ($r = 0.648 \pm 0.179 \dots 0.883 \pm 0.245$). An increase in the number of grains in an ear negatively affects crop yields ($r = 0.212 \pm 0.058 \dots -0.457 \pm 0.126$). From the samples of spring barley of Siberian breeding work that were studied in the research, the following samples were identified for further breeding for productivity (L 19-101, U 50-3808, U 49-3795); a large number of productive stems (Acha, L 19-101, U 49-3795, U 50-3808); high mass of 1000 grains (Acha, L 19-101, U 50-3808, U 49-3795). These varieties should be included in the cross-breeding adaptive program on the territory of the Republic of Tuva.

Keywords: barley, yield, variation, productivity, adaptive breeding

тельным холодным малоснежным зимним периодом около 200 сут и коротким теплым летним периодом 80–100 сут, при этом осадки выпадают неравномерно и приходится в основном на вторую половину лета и начало осени (80–85%) [1–13].

Цель исследования – изучить изменчивость количественных селекционно-ценных признаков ярового ячменя для выделения наиболее устойчивых сортов в условиях Республики Тыва.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в селекционном севообороте опорного пункта в питомнике конкурсного сортоиспытания в 2016–2018 гг. Предшественник – чистый пар. Почва темно-каштановая легкосуглинистая. Нейтральная реакция почвенного раствора pH 7,0, содержание гумуса по Тюрину 4,6–4,7%, калия 138–222 мг/кг почвы, подвижного фосфора

16 мг/кг, общего азота 0,20%. Учетная площадь делянки 28 м². Повторность четырехкратная. Закладка опытов, фенологические наблюдения, учет урожая и обработка данных проведены согласно утвержденным методическим рекомендациям^{1,2}. Объектами исследования для определения изменчивости количественных признаков служили 10 образцов ярового ячменя двухрядной разновидности нутанселекции СибНИИРС (Ача – стандарт, Л 19-101) и Красноярского НИИСХ (Т 66-3194, У 27-3593, У 47-3787, У 49-3795, У 50-3808, Э 19-5203, Э 20-5208, Э 76-5695).

Погодные условия в 2016–2018 гг. существенно различались по влагообеспеченности и режиму среднесуточных температур (см. табл. 1).

По гидротермическому коэффициенту увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) 2016, 2018 гг. – избыточно влажные (ГТК = 1,65;

1,90), 2017 г. – умеренно влажный (1,36). Более подробно климатические условия отражены в более ранних исследованиях [3]. Это позволило выявить наиболее приспособленные к природно-климатическим условиям биотипы ярового ячменя.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Вегетационный период изучаемых образцов в период исследований (2016–2018 гг.) в среднем по годам колебался от 101 до 107 сут. В годы исследований продолжительность вегетации сортообразцов различалась несущественно (от 1 до 2 сут). Аналогично с такой же закономерностью – другие фенологические периоды: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, восковая спелость (см. табл. 2).

Вегетационные периоды образцов в условиях испытания в лесостепи Красноярского края имели продолжительность от 78 до

Табл. 1. Гидротермический режим с мая по август, Тувинский НИИСХ, 2016–2018 гг. (по данным Сосновской АМС)

Table 1. Hydrothermal regime from May to August, Tuva Research Institute of Agriculture, 2016–2018 (according to Sosnovskaya AMS)

Год	Средняя температура, °С	Сумма активных температур, °С	Сумма осадков, мм	ГТК по Г.Т. Селянинову	
				значения	характеристика влагообеспеченности
Норма	15,7	1825,0	220,0	1,21	Недостаточно влажный
2016	15,2	1561,9	257,0	1,65	Избыточно влажный
2017	16,1	1475,7	200,8	1,36	Умеренно влажный
2018	15,3	1318,3	250,1	1,90	Избыточно влажный
Среднее значение	15,5	1451,9	235,9	1,62	Умеренно влажный

Табл. 2. Продолжительность периода вегетации образцов ячменя в условиях лесостепной зоны Республики Тыва (2016–2018 гг.), сут

Table 2. The duration of the growing season of barley samples in the forest-steppe zone of the Republic of Tuva (2016–2018), days

Год испытания	Вегетационный период по фенологическим фазам роста и развития					Вегетационный период (всходы – восковая спелость)
	посев – всходы	всходы – кущение	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – восковая спелость	
2016	7–8	19–20	9–10	15–16	57	101–102
2017	9–11	18	10–11	13–14	60–62	102–104
2018	10–11	21	11	16–17	58	106–107

¹Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. 194 с.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

82 сут. Это свидетельствует о том, что такие образцы имеют положительную реакцию на изменение климатических условий и в том числе и фотопериодическую чувствительность на перенос из одной экологической зоны в другую.

В Республике Тыва в условиях 2016–2018 гг. в формировании урожая ярового ячменя имело большое значение количество продуктивных стеблей на квадратный метр ($r = 0,967 \pm 0,268 \dots 0,992 \pm 0,275$). При норме высева 5 млн всхожих зерен/га число продуктивных стеблей составило от 111 до 250 шт./м², среднее значение признака – 168 шт./м². Варьирование данного признака по сортам в годы исследования от 24,5 до 26,7%. Высокое количество продуктивных стеблей сформировано у образцов Ача (205), Л 19-101 (250), У 49-3795 (181), У 50-3808 (200). Данные образцы выделились и по урожайности зерна (43 ц/га и более). Низкое количество стеблей отмечено у образцов Т 66-3194 (138), У 27-3593 (132), У 47-3787 (150), Э 19-5203 (147), Э 20-5208 (111). На уровне среднего значения – Э 76-5695 (168).

Высота растений по образцам колебалась от 59 до 73 см, при коэффициенте вариации (C_v) 7,39% и оказывала достоверное влияние на общую продуктивность ($r = 0,204 \pm 0,057 \dots 0,726 \pm 0,201$). Самый урожайный образец Л 19-101 (56,75 ц/га) характеризовался в наборе наиболее высокорослым 73 см.

Число зерен в главном колосе имело отрицательную корреляционную связь с урожайностью (от $r = -0,245 \pm 0,068$ в избыточно влажном 2018 г. до $r = -0,831 \pm 0,230$ в умеренно влажном 2017 г. при $C_v = 8,13\%$). Высокое значение показателя отмечено у образцов У 27-3593, Э 20-5208 (30 шт.) и У 49-3795 (27 шт.). Остальные образцы (Ача, Л 19-101, Т 66-3194, У 47-3787, У 50-3808, Э 19-5203, Э 76-5695) обладали числом зерен на уровне 24–26 шт. и при этом, как пра-

вило, формировали более высокий уровень урожайности.

Масса зерна главного колоса оказывала отрицательное влияние на урожайность ($r = -0,179 \pm 0,050 \dots -0,363 \pm 0,101$). Значение этого показателя варьировало от 2,24 до 2,59 г при $C_v = 4,15\%$. Наиболее высокую массу зерна с главного колоса сформировали образцы Ача (2,38 г), У 49-3795 (2,39), У 50-3808 (2,39), Э 19-5203 (2,44), Э 20-5208 (2,59 г).

Масса 1000 зерен у образцов ячменя в среднем составляла 47,30 г, изменялась от 42,05 до 52,47 г при $C_v = 8,49\%$. У стандартного сорта Ача этот показатель составлял 52,51 г и не был превышен ни одним из изучаемых образцов. Высокое значение признака отмечено у Л 19-101 (51,91 г), У 50-3808 (52,11), У 49-3795 (51,27). Остальные образцы значительно уступали стандарту.

Урожайность исследуемых образцов варьировала от 28,7 до 56,7 ц/га. Наиболее высокоурожайные – Л 19-101 (56,7 ц/га), У 50-3808 (47,7), У 49-3795 (43,7 ц/га). Высокую положительную достоверную связь с урожайностью в годы исследований в условиях Республики Тыва показали признаки: количество продуктивных стеблей, шт./м² ($r = 0,726 \pm 0,201 \dots 0,960 \pm 0,266$); масса 1000 зерен, г ($r = 0,648 \pm 0,179 \dots 0,883 \pm 0,245$). Отрицательную – число зерен в колосе, шт. ($r = -0,212 \pm 0,058 \dots -0,457 \pm 0,126$).

ВЫВОДЫ

1. В Республике Тыва урожайность ярового ячменя в наибольшей мере зависит от приспособленности сортов к природно-климатическим условиям региона. В выращивании культуры имеет большое значение реализация главных параметров структуры урожайности: количество продуктивных стеблей, шт./м² ($r = 0,726 \pm 0,201 \dots 0,960 \pm 0,266$); масса 1000 зерен, г ($r = 0,648 \pm 0,179 \dots 0,88 \pm 0,245$), высота растения, см ($r = 0,204 \pm 0,057 \dots 0,726 \pm 0,201$). Отрицательно на урожайность влияет увеличение числа

зерен в колосе, шт. ($r = -0,212 \pm 0,058 \dots - 0,457 \pm 0,126$).

2. Выделены образцы для селекции на общую продуктивность (Л 19-101, У 50-3808, У 49-3795); высокое количество продуктивных стеблей (Ача, Л 19-101, У 49-3795, У 50-3808); высокую массу 1000 зерен (Ача, Л 19-101, У 50-3808, У 49-3795). Данные сорта необходимо вовлекать в программу скрещиваний адаптивной селекции для территории Республики Тыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сурин Н.А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница, ячмень, овес): монография. Новосибирск, 2011. С. 15–16.
2. Логинов Ю.П., Сурин Н.А., Якубышина Л.И. Стабильность формирования хозяйственных признаков у селекционных линий ячменя в северной лесостепи Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2014. № 10 (34). С. 41–45.
3. Ламажап Р.Р., Липшин А.Г. Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в Республике Тыва // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 12. С. 15
4. Митрофанов Ю.И., Пугачева Л.В., Смирнова Н.А., Лапушкина В.Н. Влияние технологических приемов на структуру урожая овса // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 5. С. 26–29.
5. Заушишцева А.В. Генетические источники для реализации основных направлений селекции ячменя в Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009. Т. 165. С. 101–105.
6. Сурин Н.А., Ляхова Н.Е., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Биологические особенности и селекционное значение сортов ячменя сибирской селекции // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 1 (248). С. 13–22.
7. Сурин Н.А., Зобова Н.В., Ляхова Н.Е., Нешумаева Н.В., Плеханова Л.В., Чуслин А.А., Онуфриенко Т.В., Герасимов С.А., Липшин А.Г. Источники ценных признаков в се-

лекции ячменя на адаптивность // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 6. С. 36–40.

8. Губанов М.В., Белкина Р.И., Губанова В.М. Продуктивная кустистость и ее влияние на урожайность ячменя в условиях Северного Зауралья // Агропродовольственная политика России. 2017. № 10 (70). С. 79–83.
9. Николаев П.Н., Юсова О.А., Поползухин П.В., Аниськов Н.И., Сафонова И.В. Адаптивный потенциал сортов ярового ячменя селекции омского аграрного научного центра // Земледелие. 2019. № 1. С. 35–38.
10. Поползухин П.В., Николаев П.Н., Аниськов Н.И., Юсова О.А., Сафонова И.В. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях сибирского прииртышья // Земледелие. 2018. № 3. С. 40–43.
11. Васько Н.И., Наумов А.Г., Солонечный П.Н., Важенина О.Е., Солонечная О.В., Зимогляд А.В. Зависимость продолжительности межфазных периодов и урожайности ярового ячменя от погодных условий // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 77–81.
12. Якубышина Л.И., Логинов Ю.П. Урожайность и содержание протеина в зерне сортов ячменя в северной лесостепи Тюменской области // Агропродовольственная политика России. 2017. № 10 (70). С. 123–131.
13. Белкина Р.И., Губанов М.В., Губанова В.М. Продуктивность сортов пленчатого и голозерного ячменя в северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 54–55.

REFERENCES

1. Surin N.A. *Adaptatsionnyy potentsial sortov zernovykh kul'tur sibirskoy seleksii i puti yego uluchsheniya (pshenitsa, yachmen', oves)* [Adaptive potential of varieties of grain crops of the Siberian selection and ways of its improvement (wheat, barley, oats)]. Novosibirsk, 2011, pp. 15–16. (In Russian).
2. Loginov Yu.P., Surin N.A. Yakubisin L.I. *Stabil'nost' formirovaniya khozyaystvennykh priznakov u seleksionnykh liniy yachmenya v severnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti* [Stability of the formation of economic traits in breeding

- lines of barley in the Northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agricultural and food policy of Russia], 2014, no. 10 (34), pp. 41–45. (In Russian).
3. Lamazhap R.R., Lipshin A.G. Vliyaniye klimaticheskikh usloviy na urozhaynost' yarovogo yachmenya v Respublike Tyva [The influence of climatic conditions on the yield of spring barley in the Republic of Tyva]. *Vestnik krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2016, no. 12. pp. 15. (In Russian).
 4. Mitrofanov Yu.I., Pugacheva L.V., Smirnova N.A., Lapushkina V.N. Influence of technological methods on the oat harvest structure [Influence of technological methods on the oat harvest structure]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agriculture], 2019, vol. 33, no. 5, pp. 26–29. (In Russian).
 5. Zaushintsena A.V. Genetic sources for the realization of main trends in barley breeding in Siberia [Genetic sources for the realization of main trends in barley breeding in Siberia]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selekcii* [Works on applied botany, genetics and breeding], 2009, vol. 165, pp. 101–105. (In Russian).
 6. Surin N.A., Lyakhova N.E., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Biologicheskiye osobennosti i selektsionnoye znachenie sortov yachmenya sibirskoy seleksii [Biological features and breeding value of barley varieties of Siberian selection]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 1 (248), pp. 13–22. (In Russian).
 7. Surin N.A., Zobova N.V., Lyakhova N.E., Neshumaeva N.V., Plekhanova L.V., Chuslin A.A., Onufrienok T.V., Gerasimov S.A., Lipshin A.G. Istochniki cennykh priznakov v selekcii yachmenya na adaptivnost' [Sources of valuable traits in barley breeding for adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agriculture], 2016, vol. 30, no. 6, pp. 36–40. (In Russian).
 8. Gubanov M.V., Belkina R.I., Gubanova V.M. Produktivnaya kustistost' i eyo vliyanie na urozhaynost' yachmenya v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Productive bushiness and its impact on barley yields under the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agrofood policy of Russia], 2017, no. 10 (70), pp. 79–83. (In Russian).
 9. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Popolzukhin P.V., Anis'kov N.I., Safonova I.V. Adaptivnyy potencial sortov yarovogo yachmenya selekcii omskogo agrarnogo nauchnogo centra [Adaptive potential of spring barley varieties of the selection of the Omsk Agrarian Research Center]. *Zemledelie* [Zemledelie], 2019, no. 1, pp. 35–38. (In Russian).
 10. Popolzukhin P.V., Nikolaev P.N., Aniskov N.I., Yusova O.A., Safonova I.V. Ocenka produktivnosti i adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v usloviyakh sibirskogo priirtysh'ya [Evaluation of the productivity and adaptive properties of spring barley varieties in the conditions of the Siberian orirtshya]. *Zemledelie* [Zemledelie]. 2018. no. 3. pp. 40–43. (In Russian).
 11. Vasko N.I., Naumov A.G., Solonechny P.N., Vazhenina O.E., Solonechnaya O.V., Zimoglyad A.V. Zavisimost' prodolzhitel'nosti mezhfaznykh periodov i urozhaynosti yarovogo yachmenya ot pogodnykh usloviy [Dependence of the duration of interfacial periods and yield of spring barley on weather conditions]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skohozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2017, no. 4, pp. 77–81. (In Russian).
 12. Yakubyshina L.I., Loginov Yu.P. Urozhaynost' i sodержanie proteina v zerne sortov yachmenya v severnoy lesostepi Tyumenskoj oblasti [Yield and protein content in the grain of barley varieties in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Agroprodovol'stvennaya politika Rossii* [Agrofood policy of Russia], 2017, no. 10 (70), pp. 123–131. (In Russian).
 13. Belkina R.I., Gubanov M.V., Gubanova V.M. Produktivnost' sortov plyonchatogo i golozyornogo yachmenya v severnoy lesostepi Tyumenskoj oblasti [Productivity of varieties of foamed and bare barley in the northern forest-steppe of the Tyumen region]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Orenburg State Agrarian University], 2017, no. 5 (67), pp. 54–55. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ламажап Р.Р., старший научный сотрудник;
e-mail: tuv_niish@mail.ru

✉ **Липшин А.Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь; **адрес для переписки:** 660041, Россия, Красноярский край, г. Красноярск, пр. Свободный, 66, e-mail: lipshin@sh.krasn.ru

AUTHOR INFORMATION

Lamazhap R.R., Senior Researcher; e-mail: tuv_niish@mail.ru

✉ **Lipshin A.G.**, Candidate of Agricultural Sciences, Scientific Secretary; **address:** 66, pr. Svobodnyi, Krasnoyarsk, Krasnoyarsk Territory, 660041, Russia, e-mail: lipshin@sh.krasn.ru

Дата поступления статьи 25.06.2019
Received by the editors 25.06.2019

КУЛЬТУРА *IN VITRO* КАК ИСТОЧНИК БИОРАЗНООБРАЗИЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОИ

Рожанская О.А., Горшкова Е.М.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Для цитирования: Рожанская О.А., Горшкова Е.М. Культура *in vitro* как источник биоразнообразия для селекции сои // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 24–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-3

For citation: Rozhanskaya O.A., Gorshkova E.M. Kul'tura *in vitro* kak istochnik bioraznoobraziya dlya selektsii soi [In vitro culture as a source of biodiversity for soybean breeding], *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 24–31. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-3

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Показана эффективность методов соматической изменчивости в сочетании с многократным индивидуальным отбором при создании новых сортов сои с признаками скороспелости и повышенной семенной продуктивности. Сорта предназначены для субаридных регионов России и Казахстана с холодным континентальным климатом. Создан селекционный материал сои с применением методов биотехнологии в сочетании с многократным индивидуальным отбором. Выявлен более высокий регенерационный потенциал тканей сорта сои СибНИИК 315 по сравнению с сортом Омская-4. Способность к регенерации связана с адаптивностью сорта СибНИИК 315, что подтверждается более широким ареалом его возделывания в различных эколого-географических условиях в пяти регионах России и в Казахстане. Ткани апексов и семядольных узлов соматической линии R21 отличались от исходного сорта СибНИИК 315 повышенной активностью каллусообразования, регенерации и роста побегов. Ткани растений-регенерантов неоднократно проходили через регенерационный цикл согласно протоколу рекуррентной регенерации. В связи с этим высокая морфогенная активность тканей линии R21 может быть результатом автоселекции *in vitro*. Анализ фенотипических вариаций в ранних поколениях соматических клонов сои показал асимметричное распределение отклонений по основным селекционным и маркерным признакам: продолжительности вегетации, высоте растений, семенной продуктивности, а также зависимость распределения от погодных условий. В засушливый год бо-

IN VITRO CULTURE AS A SOURCE OF BIODIVERSITY FOR SOYBEAN BREEDING

Rozhanskaya O.A., Gorshkova E.M.

*Siberian Federal Scientific Centre of
AgroBioTechnologies of the Russian Academy
of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The paper shows the effectiveness of methods of somaclonal variability in combination with multiple individual selection for creating new soybean varieties characterized by early ripeness and increased seed productivity for sub-arid regions of Russia and Kazakhstan with cold continental climate. Soybean breeding material was created using biotechnology methods combined with multiple individual selection. Higher regeneration potential of soybean tissues of SibNIK 315 variety compared to Omskaya-4 variety was revealed. The ability to regenerate is associated with the adaptability of SibNIK 315 variety, which is confirmed by the wider area of its cultivation in various ecological and geographical conditions in five regions of Russia and Kazakhstan. Tissues of apices and cotyledonary nodes of R21 somaclonal line differed from the original SibNIK 315 variety by the increased activity of callus formation, regeneration and growth of shoots. Tissues of regenerated plants passed repeatedly through the regeneration cycle according to the protocol of recurrent regeneration. Due to this, high morphogenic activity of R21 tissues can be the result of autoselection *in vitro*. The analysis of phenotypic variations in early generations of soybean somaclones showed an asymmetric distribution of deviations by the main breeding and marker traits: duration of vegetation, plant height and seed productivity, as well as dependence of distribution on weather conditions. In a dry year most somaclonal lines had a higher seed

лее высокую семенную продуктивность имели большинство соматоклональных линий, тогда как в благоприятных условиях влажного лета лишь каждая третья линия превосходила исходный сорт. Это свидетельствует о повышенном уровне онтогенетической адаптации соматоклонов в экстремальных условиях засухи.

Ключевые слова: соя, культура тканей, соматоклональная изменчивость, селекция, адаптивность

ВВЕДЕНИЕ

Расширение генетической базы отбора в современной селекции растений обеспечивается методами гибридизации, индуцированного мутагенеза и биотехнологии. Соматоклональная изменчивость представляет собой результат спонтанного мутагенеза в культуре тканей *in vitro*. Идею использования соматоклональных вариаций в селекции впервые предложили в 1981 г. P.J. Larkin, W.R. Scowcroft [1]. В наших многолетних исследованиях [2, 3] выявлены преимущества метода соматоклональной изменчивости по сравнению с более традиционным методом индуцированного мутагенеза:

- возможность восстановления генетического базиса селекции древних культурных видов с обедненным генофондом за счет использования широкого спектра вариаций хозяйственных признаков;

- низкая частота встречаемости в половых потомствах летальных и вредных мутаций, снижающих жизнеспособность растений;

- появление в процессе рекуррентной регенерации особо ценных форм с высоким уровнем онтогенетической адаптации и неспецифической устойчивостью к повреждающим факторам среды, что открывает возможность целенаправленного создания селекционного материала с повышенной экологической стабильностью.

Методы биотехнологии широко применяют в селекции сои [2–5].

Цель исследования – использовать соматоклональные вариации в создании селекционного материала сои для условий Сибири.

Задачи исследования – разработать эффективные технологии культивирования

productivity, whereas in favourable conditions of a humid summer only every third line was superior to the original variety. This indicates increased levels of ontogenetic adaptation of somaclones in extreme drought conditions.

Keywords: soybean, tissue culture, somaclonal variability, selection, adaptability

in vitro тканей сибирских сортов; выявить стабильные соматоклональные линии путем индивидуального отбора *in agro* по хозяйственным и маркерным признакам.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исходным материалом для работы служили сорта сои (*Glycine max* (L.) Merr.), созданные сибирскими селекционерами. Сорт СибНИИК 315 включен в Государственный реестр Российской Федерации в 1991 г. и допущен к использованию в пяти регионах России и в Казахстане. Сорт Омская-4 включен в Госреестр РФ в 1993 г. и допущен к использованию в Западно-Сибирском регионе. Соматоклональная линия R21 получена нами из сорта СибНИИК 315 методом рекуррентной регенерации.

Соя способна к прямой регенерации побегов из тканей изолированных семядолей и семядольных узлов, а также к соматическому эмбриогенезу (эмбриоидогенезу) в каллусной ткани различного происхождения [2, 4–6]. В качестве эксплантов использовали фрагменты асептических семян, проростков и растений сои. Экспланты помещали на агаризованные питательные среды Гамборга В5 [6] или Мурасиге – Скуга MS [7] с добавками регуляторов роста [2–4]. Инкубацию изолированных тканей проводили при температуре 21 °С, освещенности 2–3 тыс. лк, 16-часовом фотопериоде. Объем выборки составлял 20 эксплантов в каждом варианте, опыты имели три повторения во времени.

Возникшие в культуре тканей растения-регенеранты пассировали на агаризованную среду 1/2 В5 без гормонов или с добавлением 0,5–1,0 мг/л кинетина. Через 3–4 нед мо-

лодые растения R_0 с корнями высаживали в горшки с почвой для завершения онтогенеза и получения семян, неукоренившиеся – клонировали в культуре стеблевых узлов. Растения-регенеранты R_1 и последующих поколений выращивали в полевых питомниках, оценивая и сравнивая признаки соматклонов и исходных сортов. Различия средних определяли с помощью дисперсионного анализа¹.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено сравнительное исследование морфогенной активности апикальных почек, семядольных узлов и семядолей сортов сои СибНИИК 315, Омская-4 и соматклональной линии R21. Ткани культивировали 3 нед на среде 1/2 B5 + БАП 1 мг/л (см. табл. 1). Экспланты асептических проростков сорта Омская-4 и линии R21 оказались более склонными к каллусообразованию и продемонстрировали более высокую частоту регенерации побегов из семядольных узлов по сравнению с СибНИИК 315. По числу сформировавшихся побегов на семядольном узле Омская-4 значительно уступала сорту СибНИИК 315, а линия R21 превосходила его. На каждой четвертой изолированной семядоле возникли растения-регенеранты, при этом у СибНИИК 315 количество побегов было больше в 3,3 раза, чем у Омской-4.

По высоте побегов линия R21 превосходила оба сорта. В варианте с семядольными

эксплантами ускоренный рост растений-регенерантов у Омской-4 объясняется меньшим числом побегов при одинаковых ресурсах питательных веществ.

Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что особенности морфогенеза сои *in vitro* контролируются генотипом. Выявлен повышенный регенерационный потенциал сорта СибНИИК 315 по сравнению с Омской-4. Мы полагаем, что генотипы, обладающие устойчивостью к стрессорам и высоким уровнем онтогенетической адаптации, более способны к регенерации растений из соматических клеток *in vitro*. Ранее на примере эспарцета и люцерны нами показано, что формы с повышенной устойчивостью к холодному континентальному климату Сибири и Якутии отличаются более высокой способностью к регенерации *in vitro* [8]. Сорт сои СибНИИК 315 устойчив к засухе и лучше адаптируется к разнообразным эколого-географическим условиям, поэтому имеет более широкий ареал возделывания, чем Омская-4.

Ткани апексов и семядольных узлов соматклональной линии R21 отличались от исходного сорта СибНИИК 315 повышенной активностью каллусообразования, регенерации и роста побегов. Учитывая, что ткани R21 неоднократно проходили через регенерационный цикл согласно протоколу, мы

Табл. 1. Влияние генотипа на морфогенез в изолированных тканях сои *in vitro* (среда 1/2 B5 + БАП 1 мг/л, период инкубации 3 нед)

Table 1. The effect of genotype on morphogenesis in isolated soybean tissues *in vitro* (medium 1/2 B5 + BAP 1 mg/l, incubation period 3 weeks)

Показатель	Апикальные почки			Семядольные узлы			Семядоли	
	СибНИИК 315	Омская-4	R21	СибНИИК 315	Омская-4	R21	СибНИИК 315	Омская-4
Частота образования каллуса, %	33	51*	79*	11	67*	53*	94	100
Частота образования побегов, %	89	83	100*	56	100*	100*	24	25
Число побегов на эксплант	1,0	1,0	1,0	2,0	1,5*	2,4*	3,3	1,0*
Высота побега, мм	12	9	17*	3	2	5*	7	17*

*Разница средних арифметических достоверна на 5%-м уровне.

¹Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 2008. 217 с.

полагаем, что высокая морфогенная активность является результатом автоселекции *in vitro* на способность к регенерации.

Селекционное изучение потомств выращенных нами растений-регенерантов сои в Новосибирске [2, 9], Омске [10], Красноярске [11, 12], Белгороде², Казахстане³⁻⁵ позволило выявить соматоклональную изменчивость по качественным и количественным признакам, связанным с морфологией, физиологией, химическим составом и семенной продуктивностью.

В Сибири основным лимитирующим фактором для устойчивого возделывания зернобобовых культур являются весенние и осенние заморозки, обеспечивающие жесткий естественный отбор по скороспелости. Продолжительность вегетации у сои прямо коррелирует с высотой растений и семенной продуктивностью, поэтому создание скороспелых и высокопродуктивных сортов представляет собой сложную задачу [13].

Результаты многолетнего изучения экспериментальных линий в условиях Новосибирской области показали, что соматоклональные вариации количественных признаков демонстрируют нормальное симметричное распределение, если в ходе создания исходного сорта не проводили отбор по данному признаку. Отселектированные признаки имели распределение с преобладанием вариантов с «ухудшением», причем степень асимметрии зависела от погодных условий. На рис. 1–3 представлены диаграммы распределения отклонений показателей соматоклонов R_2 и R_3 относительно исходного сорта СибНИИК 315 в контрастных условиях вегетационного сезо-

на: слева – в условиях засухи (1999 г., 29 линий), справа – при избыточном увлажнении (2000 г., 79 линий). Исследование проведено до начала отборов на продуктивность и представляет полный спектр соматоклональной изменчивости по каждому признаку.

Большинство соматоклонов независимо от погодных условий созревало позднее исходного сорта на 1–12 дней, но некоторые линии опережали исходный сорт по скороспелости в засушливых условиях на 1 день, в условиях избыточного увлажнения – на 1–5 дней (см. рис. 1).

По высоте растений большинство экспериментальных линий в условиях засухи превзошли сорт СибНИИК 315 (см. рис. 2). В сырой год половина соматоклонов имела растения выше исходного сорта на 16–55%. Выявлены низкорослые и карликовые формы, уступающие исходному сорту 17–42%.

Особого внимания заслуживает достоверно более высокая семенная продуктивность большинства соматоклональных линий в засушливых условиях, тогда как в нормальных для сои условиях влажного лета лишь около трети линий превосходили исходный сорт по массе семян (см. рис. 3). Это свидетельствует о повышенном уровне онтогенетической адаптации соматоклонов в экстремальных условиях засухи.

Асимметричное распределение вариаций по продолжительности вегетационного периода и семенной продуктивности свидетельствует о необходимости тщательного отбора генотипов, совмещающих скороспелость и урожайность. По итогам многократного индивидуального отбора выделены 9 перспективных линий и проведено их кон-

²Мелихова И.А., Рожанская О.А., Думачева Е.В., Чернявских В.И. Особенности селекционной работы с соей в Белгородской области // Селекция растений: прошлое, настоящее и будущее: материалы I Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Белгород, 2017. С. 112–114.

³Didorenko S.V., Abugaliyeva A.I., Rozhanskaya O.A., Spryagaylova Y.N. NDVI characteristics, productivity and drought tolerance of precocious somaclonal soybean lines in contrasting areas of Kazakhstan // International Plant Breeding Congress. Antalya, Turkey, 1–5 November. 2015. P. 213.

⁴Дидоренко С.В., Абукалиева А.И., Ержебаева Р.С., Сидорик И.В., Рожанская О.А. Соматоклональные линии как исходный материал в селекции сои на скороспелость и засухоустойчивость // Генофонд и селекция растений: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (4–6 апреля 2018 г., Новосибирск). Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 2018. С. 119–123.

⁵Зинченко А.В., Казыдуб Н.Г., Сидорик И.В., Плотников В.Г. Изучение вегетационного периода коллекционных образцов сои // Зернобобовые культуры – развивающееся направление в России: сб. тр. II междунар. форума. Омск: Полиграфический центр КАН, 2018. С. 60–62.

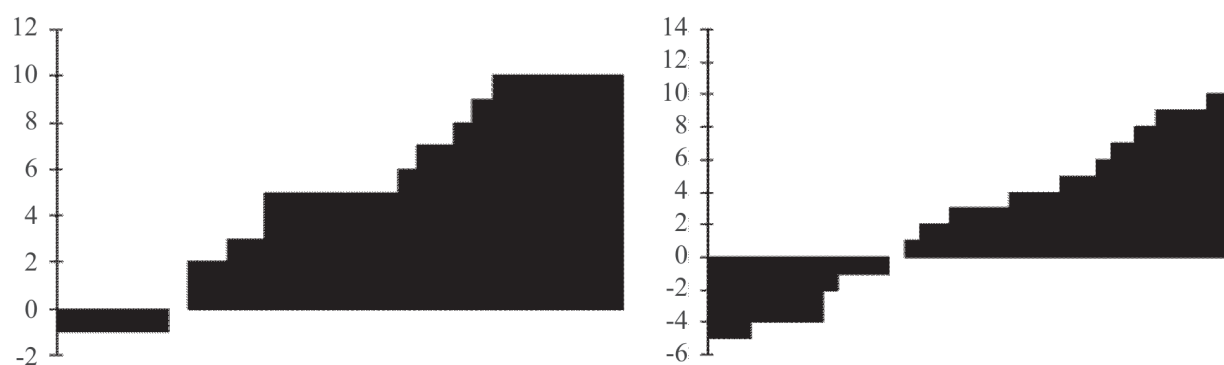


Рис. 1. Влияние погодных условий на изменчивость вегетационного периода соматклональных линий сои (отклонения от уровня исходного сорта СибНИИК 315), дни; слева – в условиях засухи, справа – при избыточном увлажнении

Fig. 1. Influence of weather conditions on variability of the vegetation period of soybean somaclonal lines (deviation from the original SibNIK 315 variety) days; left – under drought conditions, right – excessive moisture

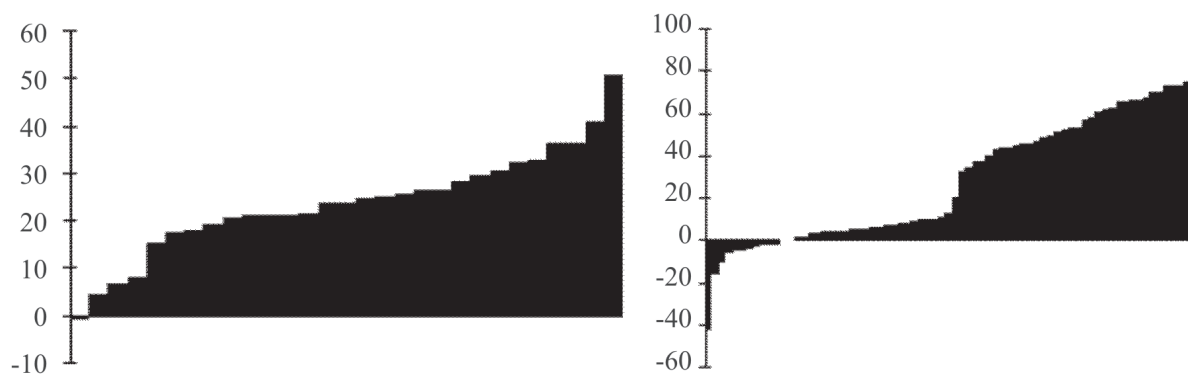


Рис. 2. Влияние погодных условий на изменчивость высоты растений соматклональных линий сои (отклонения от уровня исходного сорта СибНИИК 315), %; слева – в условиях засухи, справа – при избыточном увлажнении

Fig. 2. Influence of weather conditions on variability of plant height in soybean somaclonal lines (deviation from the original SibNIK 315 variety), %; left – under drought conditions, right – excessive moisture

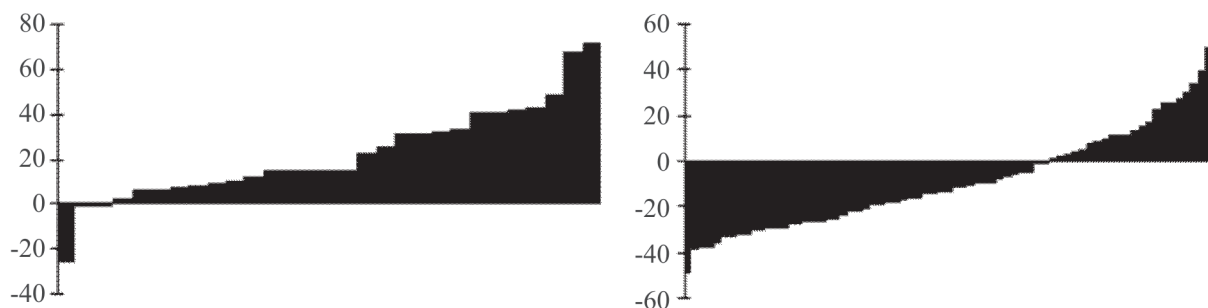


Рис. 3. Влияние погодных условий на изменчивость соматклональных линий сои по массе семян на растении (отклонения от уровня исходного сорта СибНИИК 315), %; слева – в условиях засухи, справа – при избыточном увлажнении

Fig. 3. Influence of weather conditions on variability of seed weight on the plant in soybean somaclonal lines (deviation from the original SibNIK 315 variety), %; left – under drought conditions, right – excessive moisture

Табл. 2. Урожайность семян сои в контрольном и конкурсном испытании, г/м²

Table 2. Soybean seed yield in the control and competitive test, g/m²

Год	СибНИИК 315 (стандарт)	7 RS	8 RS (Краснообская)	9 RS (СибНИИК 9)
2009	218	239	229	227
2010	182	210*	210*	204
2011	153	167	165	193*
2012	133	143	173*	169*
2013	172	177	174	187*
2014	160	156	174*	178*
2015	213	212	242*	235*
2016	221	223	248*	242
2017	270	306	294	336*
2018	179	224*	196	228*
Среднее	190,1	205,7	210,5	219,9

*Разница со стандартом достоверна на 5%-м уровне значимости; 2009, 2010 гг. – контрольное сортоиспытание; 2011–2018 гг. – конкурсное.

трольное испытание. Холодное и сырое лето 2009 г. позволило выявить три сортообразца (7 RS, 8 RS, 9 RS), не уступающих по скороспелости исходному сорту СибНИИК 315 (стандарт). В табл. 2 представлены данные селекционного изучения сортообразцов сои в контрольном и конкурсном испытании на полях СибНИИ кормов в течение 10 лет. Сортообразцы 8 RS и 9 RS превышали уровень стандарта по урожайности семян в отдельные годы на 27–30%, в среднем – на 11 и 16% соответственно. Созревание линии 8 RS наступало ранее стандарта в среднем на 3 дня, 9 RS позднее на 2 дня.

В результате использования культуры тканей *in vitro* созданы новые сорта сои, превышающие по семенной продуктивности и устойчивости к стрессорам стандарт СибНИИК 315. Новый сорт СибНИИК 9 с 2017 г. включен в Государственный реестр и допущен к использованию в четырех регионах Российской Федерации: Средне-волжском, Уральском, Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском [15]. Сорт Краснообская проходит Государственное сортоиспытание. В Казахстане передан на ГСИ в 2017 г. новый сорт сои Русия, созданный на основе соматоклональной линии 5 RS, высокопродуктивной, хотя и недостаточно скороспелой для условий Новосибирска.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментов *in vitro* свидетельствуют о более высоком регенерационном потенциале сорта сои СибНИИК 315 по сравнению с Омской-4. Полагаем, что это свойство связано с повышенной адаптивностью сои СибНИИК 315 в различных эколого-географических условиях, что подтверждается широким ареалом ее возделывания в пяти регионах России и в Казахстане.

Ткани апексов и семядольных узлов соматоклональной линии R21 отличались от исходного сорта СибНИИК 315 повышенной активностью каллусообразования, регенерации и роста побегов. Учитывая, что ткани растений-регенерантов R21 неоднократно проходили через регенерационный цикл согласно протоколу рекуррентной регенерации, полагаем, что высокая морфогенная активность тканей линии R21 является результатом автоселекции *in vitro*.

Анализ соматоклональных вариаций в ранних поколениях показал асимметричное распределение отклонений по основным селекционным и маркерным признакам: продолжительности вегетации, высоте растений, семенной продуктивности, а также зависимость распределения от погодных условий. В засушливый год более высокую семенную продуктивность имели боль-

шинство соматоклональных линий, тогда как в условиях влажного лета лишь около трети. Это свидетельствует о повышенном уровне онтогенетической адаптации соматоклонов в экстремальных условиях засухи.

Селекционные исследования доказали, что метод соматоклональной изменчивости в сочетании с многократным индивидуальным отбором эффективен при создании новых сортов сои для субаридных регионов России и Казахстана с холодным континентальным климатом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Larkin P.J., Scowcroft W.R. Somaclonal variation – a novel source of variability from cell culture for plant improvement // *Theoretical and Applied Genetics*. 1981. Vol. 60, N 1. P. 197–214.
2. Рожанская О.А. Соя и нут в Сибири: культура тканей, соматоклоны, мутанты. Новосибирск: Юпитер, 2005. 155 с.
3. Рожанская О. Соматоклональная изменчивость *in vitro* и селекция растений: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. 404 с.
4. Ващенко А.П., Мудрик Н.В., Фисенко П.П., Дега Л.А., Чайка Н.В., Капустин Ю.С. Соя на Дальнем Востоке: монография. Владивосток: Дальнаука, 2010. 435 с.
5. Варламова Н.В., Родионова М.А., Ефремова Л.Н., Харченко П.Н., Высоцкий Д.А., Халилуев М.Р. Индукция непрямого органогенеза побегов сои *Glycine max* (L.) Merr. из сегментов стебля для применения в качестве эксплантов при агробактериальной трансформации // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 3. С. 521–530.
6. Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima K. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cell // *Experimental Cell Research*. 1968. Vol. 50. P. 151–158.
7. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // *Physiologia plantarum*. 1962. Vol. 15. P. 473–497.
8. Рожанская О.А., Дарханова В.Г., Строева Н.С. Автоселекция *in vitro* эспарцета песчаного на адаптивность // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2011. № 3-4. С. 131–134.

9. Рожанская О.А., Ломова Т.Г., Шилова Т.В., Горшкова Е.М. Новые соматоклональные линии сои для селекции в Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 2 (249). С. 35–42.
10. Паршуткина Е.В., Поползухина Н.А., Рожанская О.А. Оценка исходного материала для селекции сои в условиях южной лесостепи Западной Сибири // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2016. № 1 (21). С. 45–51.
11. Чураков А.А., Халицкий А.Н. Оценка соматоклональных популяций сои и нута по качеству и продуктивности // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2015. № 11. С. 183–189.
12. Рожанская О.А., Потанов Д.А., Чураков А.А., Халицкий А.Н. Особенности селекции сои в Сибири // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. № 10 (41). С. 62–65. DOI: 10.18454/IRJ.2015.41.113.
13. Енкен В.Б. Соя: монография. М.: Сельхозгиз, 1959. 622 с.
14. Рожанская О.А., Полюдина Р.И. Новый сорт сои СибНИИК 9 для условий Сибири, Среднего Поволжья и Урала // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2017. Т. 47. № 3. С. 14–20.

REFERENCES

1. Larkin P.J., Scowcroft W.R. Somaclonal variation – a novel source of variability from cell culture for plant improvement. *Theoretical and Applied Genetics*, 1981, vol. 60, no. 1, pp. 197–214.
2. Rozhanskaya O.A. *Soya i nut v Sibiri: kul'tura tkanei, somaklony, mutanty* [Soybean and chickpeas in Siberia: tissue culture, somaclones, mutants]. Novosibirsk: Yupiter Publ., 2005, 155 p. (In Russian).
3. Rozhanskaya O. *Somaclonal'naya izmenchivost' in vitro i selektsiya rastenii* [Somaclonal variation *in vitro* and plant selection]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018, 404 p. (In Russian).
4. Vashchenko A.P., Mudrik N.V., Fisenko P.P., Dega L.A., Chaika N.V., Kapustin Yu.S. *Soya na Dal'nem Vostoke* [Soybean in the Far East]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2010, 435 p. (In Russian).

5. Varlamova N.V., Rodionova M.A., Efremova L.N., Kharchenko P.N., Vysotskii D.A., Khaliluev M.R. Induktsiya nepryamogo organogeneza pobegov soi *Glycine max* (L.) Merr. iz segmentov steblya dlya primeneniya v kachestve eksplantov pri agrobakterial'noi transformatsii [Indirect shoot organogenesis of soybean *Glycine max* (L.) Merr. from stem segments and use of the explants for agrobacterium-mediated transformation]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural Biology], 2018, vol. 53, no. 3, pp. 521–530. (In Russian).
6. Gamborg O.L., Miller R.A., Ojima K. Nutrient requirement of suspension cultures of soybean root cell. *Experimental Cell Research*, 1968, vol. 50, pp. 151–158.
7. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*, 1962, vol. 15, pp. 473–497.
8. Rozhanskaya O.A., Darkhanova V.G., Stroeveva N.S. Avtoselektsiya in vitro espartseta peshanogo na adaptivnost' [In vitro autoselection of Hungarian sainfoin for adaptability]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2011, no. 3-4, pp. 131–134. (In Russian).
9. Rozhanskaya O.A., Lomova T.G., Shilova T.V., Gorshkova E.M. Novye somaklonal'nye linii soi dlya selektsii v Sibiri [New somaclonal soybean lines for selection in Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 2, pp. 35–42. (In Russian).
10. Parshutkina E.V., Popolzukhina N.A., Rozhanskaya O.A. Otsenka iskhodnogo materiala dlya selektsii soi v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Evaluation of the source material for soybean breeding in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Omsk State Agricultural University], 2016, no. 1, pp. 45–51. (In Russian).
11. Churakov A.A., Khalipskii A.N. Otsenka somaklonal'nykh populyatsii soi i nuta po kachestvu i produktivnosti [The assessment of somatic clonal populations of soybean and chickpeas by quality and productivity]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of KrasGAU], 2015, no. 11, pp. 183–189. (In Russian).
12. Rozhanskaya O.A., Potapov D.A., Churakov A.A., Khalipskii A.N. Osobennosti selektsii soi v Sibiri [Soybean selection peculiarities in Siberia]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Research Journal], 2015, no. 10 (41), pp. 62–65. DOI 10.18454/IRJ.2015.41.113 (In Russian).
13. Enken V.B. *Soya* [Soybean]. M.: Sel'khozgiz Publ., 1959, 622 p. (In Russian).
14. Rozhanskaya O.A., Polyudina R.I. Novyi sort soi SibNIK 9 dlya uslovii Sibiri, Srednego Povolzh'ya i Urala [A new soybean variety SibNIK 9 for Siberia, Urals and Middle Volga regions]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, Vol. 47, no. 3, pp. 14–20. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Рожанская О.А.**, доктор биологических наук, заведующая лабораторией генетики и биотехнологии кормовых культур, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р. п. Краснообск, а/я 463; e-mail: olgarozhanska@yandex.ru

Горшкова Е.М., старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Rozhanskaya O.A.**, Doctor of Science in Biology, Head of Laboratory of Genetics and Biotechnology of Fodder Crops, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: olgarozhanska@yandex.ru

Gorshkova E.M., Senior Researcher

Дата поступления статьи 20.05.2019
Received by the editors 20.05.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-4

УДК: [(581.543+636.085.33):633.3.032(571.52)]:(528.2:629.78)

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ УГОДИЙ ПО ДАННЫМ TERRA MODIS

Жукова Е.Ю., Барсукова И.Н., Жуков А.А.

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова
г. Абакан, Республика Хакасия, Россия

Для цитирования: Жукова Е.Ю., Барсукова И.Н., Жуков А.А. Продуктивность кормовых угодий по данным Terra Modis // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 32–41. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-4

For citation: Zhukova E.Yu., Barsukova I.N., Zhukov A.A. Produktivnost' kormovykh ugodii po dannym Terra Modis [Productivity of fodder areas according to Terra Modis data]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 32–41. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-4

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведена количественная оценка современного состояния естественных кормовых угодий, расположенных в Турано-Уюкской котловине (Тыва). Мониторинг растительности проведен на основе спутниковых данных Terra Modis по показателям: нормализованный вегетационный индекс, валовая первичная продукция (GPP) и эвапотранспирация. Произведено сравнение продуктивности растительных ассоциаций, определена их скорость роста и степень зависимости GPP от суммы температур и эвапотранспирации. Для верификации использованы результаты наземных исследований, произведенных по общепринятым методам. Дистанционные показатели валовой продукции за вегетационный сезон находились в пределах от 333 ц/га для галофитных лугов до 488 ц/га для заболоченных местообитаний. В зависимости от видового состава валовая продуктивность гликофитных лугов за вегетационный сезон составила 399–487 ц/га. Сопоставление данных показало значительные различия в дистанционной и реальной продуктивности кормовых угодий, которые могут быть нивелированы за счет корреляции с наземными показателями. Наилучшие результаты взаимосвязей валовой первичной продукции и вегетационного индекса с суммой положительных температур выявлены по полиномиальным уравнениям третьей степени. Максимальный период

PRODUCTIVITY OF FODDER AREAS ACCORDING TO TERRA MODIS DATA

Zhukova E.Yu., Barsukova I.N., Zhukov A.A.

Katanov Khakass State University
Abakan, Republic of Khakasia, Russia

A quantitative assessment of the current state of natural fodder areas located in the Turano-Uyuk basin (Tuva) was made. Vegetation monitoring was carried out on the basis of Terra Modis satellite data by the following indicators: normalized vegetation index, gross primary production (GPP) and evapotranspiration. The productivity of plant associations was compared, their growth rate and the degree of GPP dependence on the sum of temperatures and evapotranspiration were determined. The results of ground-based studies performed by generally accepted methods were used for verification. Remote indicators of gross production for the growing season ranged from 33.3 t/ha for halophytic meadows, and up to 48.8 t/ha for wetland habitats. Depending on the species composition, gross productivity of glycophytic meadows during the growing season was 39.9–48.7 t/ha. A comparison of the data showed significant differences in the remote and actual productivity of fodder areas, which can be leveled by means of correlation with the ground-based indicators. The best results of the relationship between gross primary production and the vegetation index with the sum of positive temperatures were identified by polynomial equations of the third degree. The maximum period of phytomass development of natural fodder areas (meadow communities) was recorded before the

развития фитомассы естественных кормовых угодий (луговых сообществ) зафиксирован до начала июня. Биолого-экологические различия роста растительности в сезонном ходе отмечены с начала II декады июня и до конца II декады июля. Снижение накопления валовой продукции к середине июля и к концу сентября вызвано погодными условиями. Определены оптимальные периоды выпаса на лугах в Турано-Уюкской котловине.

Ключевые слова: Terra Modis, естественные кормовые угодья, нормализованный разностный вегетационный индекс, валовая первичная продукция, эвапотранспирация

ВВЕДЕНИЕ

Республика Тыва, ведущей отраслью которой выступает животноводство, обладает значительными площадями естественных сенокосов и пастбищ. Для создания прочной кормовой базы большое значение имеют мелиоративные мероприятия и правильная организация выпаса. В связи с этим актуально осуществление регулярного и оперативного спутникового мониторинга ресурсного потенциала кормовых угодий. В настоящее время возможно осуществление мониторинга растительности на основе композитов Terra Modis по следующим показателям: нормализованный вегетационный индекс (NDVI), валовая первичная продукция (GPP), эвапотранспирация (ET) [1–4].

Цель работы – провести количественную оценку современного состояния естественных кормовых угодий, расположенных в Турано-Уюкской котловине (Тыва), на основе спутниковых данных Terra Modis.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследования находится в пределах Турано-Уюкской котловины (Турано-Уюкский листовенный лугово-степной округ Тувинской котловинной степной провинции). Рельеф округа горно-долинный, с развитой системой пойменных и надпойменных террас в сочетании с холмисто-увалистыми предгорьями хребтов. Реки Уюк, Туран с притоками принадлежат бассейну р. Бий-Хем. В низинах широко представлены долинные луговые и лугово-степные солонцеватые почвы [5].

beginning of June. Biological and environmental differences in the growth of vegetation during the season were noted in the period from 10-11 June to 19-20 July. The decrease in the accumulation of gross primary production by mid-July and the end of September was caused by weather conditions. The optimal grazing periods in the meadows in the Turano-Uyuk basin were determined.

Keywords: Terra Modis, natural fodder areas, normalized differential vegetation index, gross primary production, evapotranspiration

Климат округа резко континентальный. Среднегодовая температура воздуха минус 30 °С, января – минус 34,9 °С, июля – 16,9 °С. Наибольшие амплитуды температур, достигающие 100–120 °С, характерны для межгорных депрессий. Летом воздух в нижних слоях атмосферы и поверхность прогреваются до 54–60 °С, поэтому для многих видов степных растений характерен период вынужденного покоя. Годовая сумма осадков 331 мм. Зима малоснежная, весна, начало лета и осень достаточно сухие, большая часть осадков (до 80% годовых) выпадает в июле и августе, преимущественно в виде ливневых дождей [5]. Таким образом, 2018 г. с резкими колебаниями температур в вегетационном сезоне и низкими температурами в мае (за счет стекания холодных воздушных масс с гор) является средним по показателям.

Западная и отчасти центральная части котловины заняты долинными, преимущественно заболоченными осоковыми, хвощево-ситниковыми и веерниковыми лугами. На более дренированных участках надпойменных террас с высоким уровнем грунтовых вод встречаются засоленные, ячменевые, лисохвостные, волоснецовые луга. По берегам озер и рек располагаются волоснецово-чирокковые сообщества. Значительную площадь в Турано-Уюкской котловине занимают степи (вторичные опустыненные степи, мелкодерновинные типчаковые и тонконоговые). Помимо листовенников и березняков отмечаются долинные еловые, листовенно-еловые, ивово-тополевые пойменные леса.

Котловина используется для посевов и в качестве сенокосно-пастбищных угодий [5].

В работе использовали три типа данных Terra Modis: MOD17A2H (валовая первичная продуктивность или GPP, ц/га)^{1,2}; MOD13A1 (нормализованный разностный вегетационный индекс)³; MOD16A2 (эвапотранспирация, кг/м²)^{4,5}. Для получения данных использовали сервис LPDAAC⁶.

Валовую продуктивность за сезон определяли путем интегрирования кривой GPP с 1 мая по 31 августа. Прирост фитомассы выражался в тех же единицах, что и валовая продуктивность. Скорость прироста рассчитывали как разницу между двумя соседними показателями за 8 дней. Для составления регрессионных уравнений подсчет суммы положительных температур проводили за период, предшествующий дате съемки (8 дней)⁷. По мере накопления наземных данных возможно дальнейшее усовершенствование полиномиальных моделей продуктивности (с учетом расположения и биолого-экологических значений фитоценоза).

Геоботанические исследования естественных кормовых угодий проводили в 2018 г. на тестовых участках методом стационарных площадей^{8–11}. Коды и координаты стационарных площадок: 2к–7к (52,0174° и 93,68406°), 8к–10к (52,02441° и 93,51748°), 11к–13к (52,05000° и 90,416667°), 15к–17к (52,04641° и 93,43064°), 19к–20к (52,04012° и 93,52842°), 21к–26к (52,07269° и 93,72417°), 27к–28к (52,08335° и 93,72895°).

Урожайность кормовых угодий определяли по методике И.А. Ларина [6]. В период массового цветения основных видов травостой срезали у поверхности почвы на площадках 1×1 м² в трехкратной повторности по диагонали стационарной площади. Фитомассу разделяли по ботанико-хозяйственным группам – осоки, злаки, бобовые, полыни, солянки, разнотравье и опад (ветошь + подстилка). Фитомассу взвешивали в воздушно-сухом состоянии на весах с точностью 0,01 г. Данные переводили в центнеры на гектары.

Статистический анализ (расчет среднего арифметического и стандартного отклонения) проводили в программе Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным Terra Modis подсчитана валовая продуктивность фитомассы на заболоченных, настоящих гликофитных и галофитных лугах за сезон (см. табл. 1). Наибольшие показатели валовой первичной продукции GPP (488 ц/га за сезон) имели заболоченные и настоящие гликофитные луга с высоким общим проективным покрытием (95%), при этом надземная сухая фитомасса данных сообществ сильно различалась по значениям – от 20,5 до 112,5 ц/га. Высокое покрытие маскирует дистанционные показатели фитомассы, занижая или завышая их [7]. На отдельных участках заболоченных

¹Running S., Mu Q., Zhao M. MOD17A2H MODIS/Terra Gross Primary Productivity 8-Day L4 Global 500m SIN Grid V006 // NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2015. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD17A2H.006>.

²Running S.W., Zhao M. User's Guide Daily GPP and Annual NPP (MOD17A2/A3) Land Algorithm // Products NASA Earth Observing System MODIS. 2015. pp.4-6.

³Didan K., Munoz A.B., Solano R., Huete A. MODIS Vegetation Index User's Guide (MOD13 Series) // Vegetation Index and Phenology Lab. The University of Arizona. 2015. pp.6-15. DOI: 10.5067 / MODIS / MOD13A1.006. https://vip.arizona.edu/documents/MODIS/MODIS_VI_UsersGuide_June_2015_C6.pdf.

⁴Running S.W., Mu Q., Zhao M., Moreno A. User's Guide MODIS Global Terrestrial Evapotranspiration (ET) Product (NASA MOD16A2/A3) // NASA Earth Observing System MODIS Land Algorithm. 2017. pp. 3-12.

⁵Running S., Mu Q., Zhao M. MOD16A2 MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m SIN Grid V006 // NASA EOSDIS Land Processes DAAC. 2017. <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD16A2.006>.

⁶URL:<https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/appears>.

⁷URL: <https://rp5.ru/>

⁸Ярошенко П.Д. Геоботаника: пособие для студентов педвузов. Москва: Просвещение, 1969. 200 с.

⁹Лавренко Е.М., Корчагина А.А. Полевая геоботаника. Ленинград: Наука, 1972. Т. 4. С. 23.

¹⁰Лавренко Е.М., Корчагина А.А. Полевая геоботаника. Ленинград: Наука, 1976. Т. 5. С. 47.

¹¹Зоркина Т.М. Фитоценология: учебное пособие. Абакан: Издательство Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова, 2003. 48 с.

Табл. 1. Продуктивность кормовых угодий за вегетационный сезон 2018 г.
Table 1. Productivity of fodder areas for the 2018 growing season

Код	Класс формаций (луга)	Ассоциация растительности	ОПП, %; кол-во видов	Доминант	ПП*, %	GPP за сезон, ц/га	Воздушно-сухая фитомасса**, ц/га (ветошь + подстилка)
2к	Заболоченные	Разнотравно-злаково-осоковая	95 / 34	<i>Carex caespitosa</i> L. <i>Salix rosmarinifolia</i> L. <i>Alopecurus pratensis</i> L. <i>Agrostis gigantea</i> Roth	50 10 7 7	488 ± 0,16	112,5 ± 1,0 (8,5 ± 0,0)
6к	Настоящие галофитные	Разнотравно-злаково-колосняковая	35 / 19	<i>Leymus chinensis</i> (Trin.) Tzvel. <i>Saussurea amara</i> (L.) DC. <i>Artemisia palustris</i> L.	10 10 5	473 ± 0,14	45,8 ± 2,5 (28,6 ± 11,9)
9к	Настоящие гликофитные	Злаково-пырейно-костровая с разнотравьем	95 / 25	<i>Potentilla anserina</i> L. <i>Achillea millefolium</i> L. <i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski <i>Equisetum pratense</i> Ehrh. <i>Carex acuta</i> L. <i>Potentilla anserina</i> L.	40 20 10 5 15 15 7	487 ± 0,13	23,0 ± 0,0 (4,4 ± 0,0)
12к	Заболоченные	Хвощево-осоковая	95 / 26	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski <i>Equisetum pratense</i> Ehrh. <i>Carex acuta</i> L. <i>Potentilla anserina</i> L.	15 15 15 15 7	488 ± 0,13	20,5 ± 0,9 (5,6 ± 2,1)
17к	Настоящие гликофитные	Люцерново-костровая	80 / 20	<i>Bromopsis inermis</i> + <i>Sanguisorba officinalis</i> L. <i>Galium verum</i> L.	15 + 10 10	399 ± 0,11	46,1 ± 3,1 (17,8 ± 8,8)
19к	Заболоченные	Хвощево-осоковая	90 / 12	<i>Potentilla anserina</i> + <i>Equisetum pratense</i> <i>Carex diluta</i> Bieb. <i>Equisetum palustre</i> L.	7 + 7 15 10	402 ± 0,13	32,0 ± 0,3 (14,5 ± 0,4)
21к	Настоящие галофитные	Солеросово-волоснецовая	30К/ 4	<i>Salix recurvigenmis</i> A. Skvorts. <i>Salicornia perennans</i> Willd. <i>Leymus angustus</i> (Trin.) Pilg.	5 15 10	333 ± 0,10	40,7 ± 0,3 (20,5 ± 0,4)

* Проектное покрытие вида.

** Наземные данные.

лугов (19к) присутствует вода – это значительно снижает продуктивность сообществ (до 402 ц/га за сезон) в сравнении с другими заболоченными лугами.

Настоящие галофитные луга различаются по показателям фитомассы в зависимости от видового состава, архитектоники и количества опада. Так, в солеросово-волоснецовой ассоциации доминантом является *Salicornia perennans* – однолетнее растение, для которого характерны сезонные всплески развития (соответственно резкие колебания фитомассы). По данным Terra Modis с обилием этого вида связаны сниженные показатели продуктивности (333 ц/га). В пределах другой галофитной ассоциации – разнотравно-злаково-колосняковой, преобладает многолетний вид *Leymus chinensis* с близко расположенными побегами. На этих участках отмечены более высокие показатели GPP (473 ц/га).

Ветошь и подстилка существенно занижают данные о продуктивности настоящих гликофитных лугов. Распространение видов с горизонтальным расположением листьев (*Potentilla anserina*, *Achillea millefolium*), наоборот, завышает показатели.

Анализ сезонного хода GPP характеризует периоды накопления наибольшего количества фитомассы, влияние паводкового режима и температуры, а также индивидуальные особенности фитоценозов (см. рис. 1, 2).

Начало вегетации (начало мая до 17.05.2018) связано с потеплением (сумма положительных среднесуточных температур свыше 156 °С), в этот период разворачиваются первые листья и развиваются раннецветущие растения. Наступление весеннего половодья происходило с 09.05.2018 по 17.05.2018. Период максимального прироста валовой продукции от 1,0 до 6,0 ц/га происходил с 17.05.2018 по 25.05.2018.

Максимальный период развития фитомассы продолжался до 02.06.2018 г. Следует отметить, что сообщества в этот период четко разделены по продуктивности в следующем порядке (по убыванию): в окрестностях с. Аржаан с показателем 6,0 ц/га – заболоченные (2к) и гликофитные луга (9к); 5,2 ц/га – настоящие галофитные луга (6к); 4,0–5,0 ц/га – заболоченные луга (19к) (см. рис. 1, 2). Настоящие гликофитные луга (17к) в окрестностях с. Тарлаг и настоящие галофитные луга (21к) в котловине Белых озер (местное название оз. Къак-Хол) показали минимальные результаты 3,2 ц/га.

Биолого-экологические различия в сезонном ходе были хорошо заметны с 10.06.2018 г. по 20.07.2018 г. Для разнотравно-злаково-осоковой ассоциации (2к) в этот период отмечен прирост фитомассы. Для разнотравно-злаково-колосняковой ассоци-

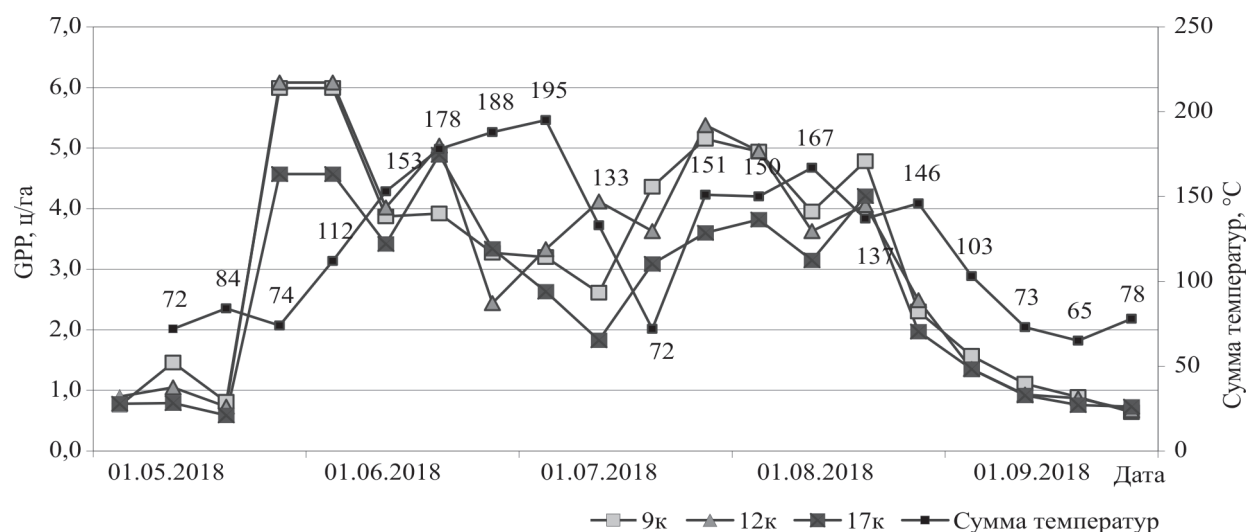


Рис. 1. Сезонные изменения валовой первичной продукции растительности на гликофитных (9к, 17к) и заболоченных (12к) лугах, 2018 г.

Fig. 1. Seasonal changes in gross primary vegetation production in glycophytic (9k, 17k) and swampy (12k) meadows, 2018

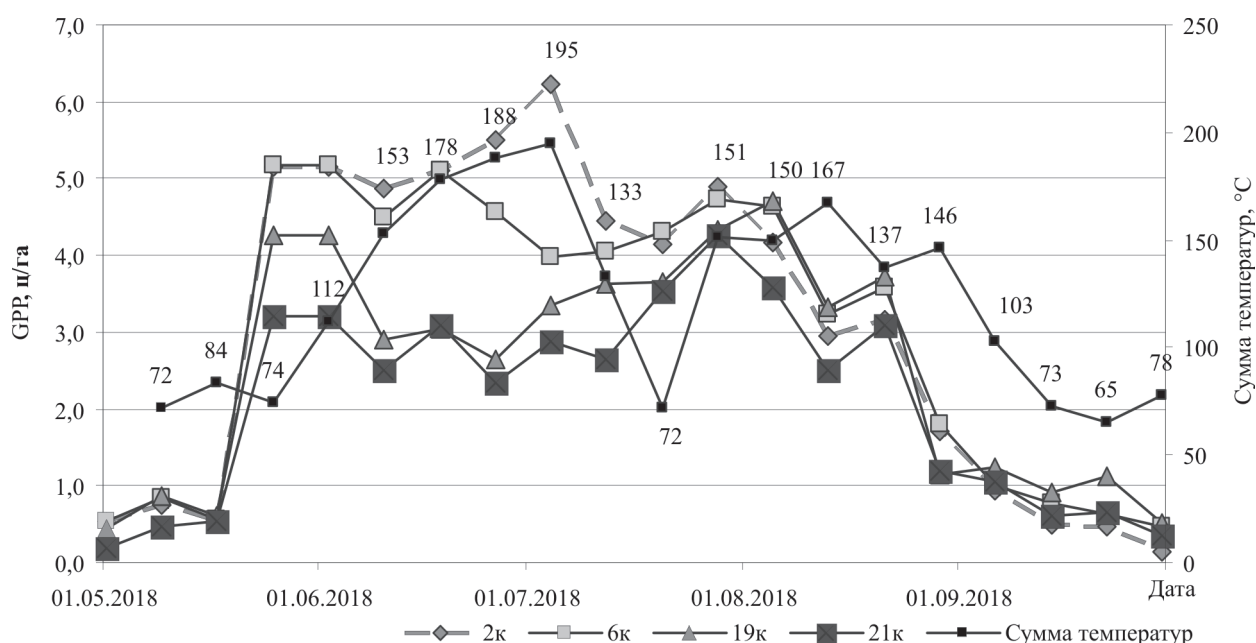


Рис. 2. Сезонные изменения валовой первичной продукции растительности на галофитных (6к, 21к) и заболоченных (2к, 19к) лугах, 2018 г.

Fig. 2. Seasonal changes in gross primary vegetation production in halophytic (6k, 21k) and swampy (2k, 19k) meadows, 2018

ации, расположенной в высокой пойме (6к), наоборот, зарегистрирован спад в накоплении фитомассы, подобные спады отмечены у контуров 9к, 17к и 21к. Настоящие гликофитные луга (9к и 17к) имели спад фитомассы к середине июля. Общее снижение накопления валовой продукции к середине июля и к концу сентября, связано со снижением суммы положительных температур (от 195 до 72 °C) и с последующим температурным пиком до 167 °C.

Влияния суммы температур на растительность показано на примере регрессионных моделей (см. табл. 2).

Поскольку обследованные растительные сообщества естественных кормовых угодий относятся к лугам, приуроченным к достаточно и избыточно увлажненным местообитаниям, то влиянием осадков можно пренебречь и рассмотреть влияние температуры. Косвенно подтверждает эту гипотезу средняя (R^2 около 0,5) и слабая (R^2 около 0,2) положительная корреляция между эвапотранспирацией и валовой первичной продукцией.

Коэффициент детерминации (R^2) показывает, какая доля из общего рассеяния значений относительно своего среднего обусловлена регрессионной зависимостью.

Для большинства естественных кормовых угодий показатель GPP оказался более тесно связан с суммой положительных температур за предшествующий период в сравнении с вегетационным индексом ($R^2 = 0,7-0,8$). В случаях, когда GPP и NDVI показывают слабую корреляцию с суммой температур, фитоценоз зависит от других факторов, например, условий рельефа (и соответственно, эвапотранспирации) для сообществ на небольших возвышенностях (9к и 17к).

Наилучшие результаты дало моделирование по полиномиальным уравнениям третьей степени, реже шестой степени. Нелинейные зависимости хорошо отражают взаимодействие растительности со сложными экологическими параметрами экологических ниш в природе и взаимовлияние экологических факторов конкретного местообитания [1, 7–9]¹².

¹²Содмонов Б.В., Аюрганаев А.А., Цыдыпов Б.З. Гармаев Е.Ж. Аналитическая аппроксимация внутригодовой динамики NDVI для оценки фенологических параметров лесной растительности // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы V международной науч. конф. (Красноярск, 11–14 сентября, 2018). Красноярск, 2018. С. 404–407.

Табл. 2. Регрессионные модели с использованием данных Terra Modis

Table 2. Regression models using Terra Modis data

Код	R ²	Модель*
<i>Зависимость GPP от суммы положительных температур</i>		
2к	0,611	$y = 2E + 07x^3 - 2E + 06x^2 + 72964x + 231,16$
6к	0,677	$y = -2E + 07x^3 + 680114x^2 + 21601x + 370,2$
9к	0,829	$y = -7E + 06x^3 - 341685x^2 + 54701x$
12к	0,784	$y = 3E + 06x^3 - 1E + 06x^2 + 69652x$
17к	0,719	$y = 3E + 06x^3 - 1E + 06x^2 + 78756x$
19к	0,715	$y = 0,4968x^3 - 24,696x^2 + 318,25x$
21к	0,681	$y = (-2E + 13x^6) + (2E + 12x^5) - (6E + 10x^4) - (4E + 08x^3 + (4E + 07x^2) - 328242x + 1340,4$
<i>Зависимость NDVI от суммы температур</i>		
2к	0,809	$y = -5E - 11x^3 + 3E - 07x^2 - 0,0002x + 0,4124$
6к	0,794	$y = -6E - 11x^3 + 3E - 07x^2 - 0,0004x + 0,5305$
9к	0,521	$y = 2E - 19x^6 - 1E - 15x^5 + 4E - 12x^4 - 6E - 09x^3 + 2E - 06x^2 + 0,0006x$
12к	0,694	$y = -4E - 10x^3 + 2E - 06x^2 - 0,0019x + 1,13$
17к	0,036	$y = 0,4232e^{7E-05x}$
19к	0,738	$y = -5E - 13x^4 + 3E - 09x^3 - 5E - 06x^2 + 0,0032x$
21к	0,679	$y = -7E - 08x^2 + 0,0004x$
<i>Зависимость GPP от эвапотранспирации</i>		
2к	0,519	$y = 119526x^3 - 5660,4x^2 + 238,14x + 8,4565$
6к	0,582	$y = 1E - 05x^3 - 0,0008x^2 + 0,0167x - 0,0817$
9к	0,859	$y = -547310x^3 + 47661x^2 - 905,74x + 13,555$
12к	0,943	$y = (-4E + 10x^6) + (8E + 09x^5) - (5E + 08x^4) + (2E + 07x^3) - 389733x^2 + 3846,4x - 5,8626$
17к	0,748	$y = 8384,5x^3 - 6637,1x^2 + 1758x - 144,14$
19к	0,439	$y = (-7E - 07x^6) + (6E - 05x^5) - 0,0023x^4 + 0,0442x^3 - 0,4562x^2 + 2,4239x - 5,1636$
21к	0,462	$y = (1E - 05x^6) - 0,0007x^5 + 0,0213x^4 - 0,3196x^3 + 2,6515x^2 - 11,514x + 20,447$

* Коэффициенты представлены в экспоненциальном формате.

Табл. 3. Скорость прироста валовой первичной продукции кормовых угодий**Table 3.** Growth rate of gross primary production of fodder areas

Дата	Скорость прироста фитомассы, ц/га за 8 дней						
	2к	6к	9к	12к	17к	19к	21к
09.05.2018	0,2	0,3	0,7	0,2	0,0	0,4	0,3
17.05.2018	-0,2	-0,3	-0,6	-0,3	-0,2	-0,3	0,1
25.05.2018	4,6	4,6	5,2	5,3	4,0	3,7	2,6
10.06.2018	-0,3	-0,7	-2,1	-2,1	-1,2	-1,4	-0,7
18.06.2018	0,2	0,6	0,1	1,0	1,5	0,1	0,6
26.06.2018	0,4	-0,5	-0,7	-2,6	-1,5	-0,4	-0,8
04.07.2018	0,7	-0,6	-0,1	0,9	-0,7	0,7	0,5
12.07.2018	-1,8	0,1	-0,6	0,8	-0,8	0,3	-0,2
20.07.2018	-0,3	0,3	1,8	-0,5	1,3	0,0	0,9
28.07.2018	0,7	0,4	0,8	1,7	0,5	0,7	0,7
05.08.2018	-0,7	-0,1	-0,2	-0,4	0,2	0,4	-0,7
13.08.2018	-1,2	-1,4	-1,0	-1,3	-0,7	-1,4	-1,1
21.08.2018	0,2	0,4	0,8	0,4	1,1	0,4	0,6
29.08.2018	-1,4	-1,8	-2,5	-1,6	-2,2	-2,6	-1,9
06.09.2018	-0,8	-0,8	-0,7	-1,1	-0,6	0,1	-0,2
14.09.2018	-0,4	-0,2	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,4
22.09.2018	0,0	-0,1	-0,2	-0,1	-0,2	0,2	0,0
30.09.2018	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	0,0	-0,6	-0,3

Спутниковый мониторинг дает уникальную возможность оперативно оценить скорость прироста на регулярной основе одновременно на больших площадях. Это особенно важно для пойменных лугов с часто изменяющимся гидрологическим режимом р. Уюк (см. табл. 3).

Выпас и сенокошение на кормовых угодьях лучше производить при положительном росте фитомассы [10]. Максимальная скорость прироста для всех сообществ отмечена в конце мая (в среднем 4,3 ц/га). Для заболоченных лугов (2к) оптимальный период использования длился с 18.06.2018 по 04.07.2018, для настоящих галофитных лугов (6к) – с 17.07.2018 по 28.07.2018, для настоящих гликофитных лугов (9к) – с 20.07.2018 по 28.07.2018, для заболоченных лугов (12 к) – с 04.07.2018 по 28.07.2018, для гликофитных луговых сообществ (17 к) – с 20.07.2018 по 05.08.2018, для заболоченных лугов (19к) – с 12.07.2018 по 05.08.2018, для галофитных лугов (21 к) – с 20.07.2018 по

09.07.2018. Определять периоды можно оперативно, отслеживая повышение фитомассы на территории.

ВЫВОДЫ

По результатам мониторинга растительности заболоченных, настоящих гликофитных и галофитных лугов, произрастающих в Турано-Уюкской котловине на основе спутниковых данных Terra Modis сделаны следующие выводы.

1. Показатели валовой первичной продукции зависят от видового состава, архитектуры и наличия ветоши. Для заболоченных и настоящих гликофитных лугов с высоким общим проективным покрытием (95%) наблюдали наибольшие значения GPP в целом за сезон (488 ц/га).

2. Обнаружена положительная корреляция между эвапотранспирацией и валовой первичной продукцией. Показатель GPP для большинства естественных кормовых угодий более тесно связан с суммой поло-

жительных температур за предшествующий период в сравнении с вегетационным индексом (в среднем $R^2 = 0,72$ для GPP и $R^2 = 0,61$ для NDVI).

3. Максимальный период развития фитомассы естественных кормовых угодий (луговых сообществ) продолжался до начала июня. Биолого-экологические различия в сезонном ходе заметны в период с начала II декады июня и до конца II декады июля. Снижение накопления валовой продукции к середине июля и к концу сентября вызвано погодными условиями (в первую очередь температурой).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекмухамедов Н.Э., Муратова Н.Р., Северская С.М., Жумабекова Р., Курбанова Р. Тематическое дешифрирование экологического состояния и продуктивность естественных пастбищ на основе космоснимков Terra/Modis // Гидрометеорология и экология. 2013. № 2. С. 27–33.
2. Золотокрылин А.Н., Гунин П.Д., Титкова Т.Б., Бажа С.Н., Данжалова Е.В., Казанцева Т.И. Диагностика динамики опустынивания аридных пастбищ Монголии по наблюдениям на ключевых участках и MODIS данным // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22, № 3 (68). С. 9–19.
3. Ерошенко Ф.В., Лапенко Н.Г., Сторчак И.Г. Использование данных дистанционного зондирования Земли для оценки состояния и степени деградации естественных пастбищных угодий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 14–17.
4. Mu Q., Zhao M., Running S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm // Remote Sensing of Environment. 2011. Vol. 115(8). P. 1781–1800. DOI: 10.1016/j.rse.2011.02.019
5. Куминова А.В., Седельников В.П., Маскаев Ю.В., Шоба В.А., Ершова Э.А., Намзалов Б.Б., Павлова Г.Г., Мальцева Т.В., Паришутина Л.П. Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР: монография. Новосибирск: Наука, 1985. 256 с.
6. Ларин И.В. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство: монография. Москва, Ленинград: Сельхозгиз, 1956. 544 с.

7. Муратова Н.Р., Северская С.М., Бекмухамедов Н.Э. Дистанционная оценка состояния естественных пастбищ по гиперспектральным данным и на основании космоснимков разного разрешения // Гидрометеорология и экология. 2012. № 3. С. 72–79.
8. Lin C., Dugarsuren N. Deriving the spatiotemporal NPP pattern in terrestrial ecosystems of Mongolia using Modis imagery // Photogrammetric engineering and remote sensing. 2015. Vol. 81. N 7. P. 587–598. DOI: 10.14358/PERS.81.7.587
9. Smith W.K., Zhao M., Running S.W. Global bioenergy capacity as constrained by observed biospheric productivity rates // BioScience. 2012. Vol. 62, N 10. P. 911–922. DOI: 10.1525/bio.2012.62.10.11
10. Зверева Г.К. Пастбищное использование растений и особенности постпастбищной деградации в условиях степи и лесостепи Сибири // Вестник Алтайской науки. 2014. № 4 (22). С. 233–237.

REFERENCES

1. Bekmukhamedov N.E., Muratova N.R., Severskaya S.M., Zhumabekova R., Kurbanova R. Tematicheskoe deshifirovanie ekologicheskogo sostoyaniya i produktivnost' estestvennykh pastbishch na osnove kosmosnimkov Terra/Modis [Thematic interpretation of the ecological state and productivity of natural pastures based on Terra/Modis satellite imagery]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and Ecology], 2013, no. 2, pp. 27–33. (In Russian).
2. Zolotokrylin A.N., Gunin P.D., Titkova T.B., Bazha S.N., Danzhalova E.V., Kazantseva T.I. Diagnostika dinamiki opustynivaniya aridnykh pastbishch Mongolii po nablyudeniym na klyuchevykh uchastkakh i MODIS dannym [Diagnosis of the desertification dynamics of arid pastures of Mongolia by observation in key areas and MODIS data]. *Aridnye ekosistemy* [Arid Ecosystems], 2016, vol. 22, no. 3 (68), pp. 9–19. (In Russian).
3. Eroshenko F.V., Lapenko N.G., Storchak I.G. Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli dlya otsenki sostoyaniya i stepeni degradatsii estestvennykh pastbishchnykh ugodii [The use of remote Earth sensing data to assess the condition and extent of natural pastures degradation]. *Izvestiya Orenburgsk-*

- ogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Izvestiya of Orenburg State Agrarian University], 2018, no 5(73). pp. 14–17. (In Russian).
4. Mu Q., Zhao M., Running S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 2011. vol. 115(8), pp. 1781–1800. (In English). DOI: 10.1016/j.rse.2011.02.019
 5. Kuminova A.V., Sedel'nikov V.P., Maskaev Yu.V., Shoba V.A., Ershova E.A., Namzalov B.B., Pavlova G.G., Mal'tseva T.V., Parshutina L.P. *Rastitel'nyi pokrov i estestvennye kormovye ugod'ya Tuvinskoi ASSR* [Plant cover and natural forage land of the Tuva Autonomous Soviet Socialist Republic]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985, 256 p. (In Russian).
 6. Larin I.V. *Lugovodstvo i pastbishchnoe khozyaistvo* [Meadow farming and pasture management]. Moscow, Leningrad, Selkhozgiz Publ., 1956, 544 p. (In Russian).
 7. Muratova N.R., Severskaya S.M., Bekmukhamedov N.E. Distantcionnaya otsenka sostoyaniya estestvennykh pastbishch po giperspektral'nym dannym i na osnovanii kosmosnimkov raznogo razresheniya [Remote assessment of the state of natural pastures based on hyperspectral data and space images of different resolutions]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and Ecology], 2012, no. 3, pp. 72–79. (In Russian).
 8. Lin C., Dugarsuren N. Deriving the spatiotemporal NPP pattern in terrestrial ecosystems of Mongolia using Modis imagery. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 2015. vol. 81, no. 7. pp. 587–598. DOI: 10.14358/PERS.81.7.587
 9. Smith W.K., Zhao M., Running S.W. Global bioenergy capacity as constrained by observed biospheric productivity rates // *BioScience*. 2012; vol. 62, no. 10. pp. 911–922. DOI: 10.1525/bio.2012.62.10.11
 10. Zvereva G.K. Pastbishchnoe ispol'zovanie rastenii i osobennosti postpastbishchnoi demutatsii v usloviyakh stepi i lesostepi Sibiri [Pasture use of plants and features of post-pasture demutation in the conditions of steppe and forest-steppe of Siberia]. *Vestnik Altaiskoi nauki* [Journal Vestnik Altaiskoi Nauki], 2014, no. 4 (22), pp. 233–237. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

(✉) **Жукова Е.Ю.**, кандидат биологических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 655017, Республика Хакасия, г. Абакан, пр. Ленина 90, e-mail: biosara@mail.ru

Барсукова И.Н., кандидат биологических наук, доцент

Жуков А.А., аспирант

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Zhukova E.Yu.**, Candidate of Science in Biology, Assistant Professor; **address:** 90, prospect Lenina, Abakan, Republic of Khakasia, 655017, Russia, e-mail: biosara@mail.ru

Barsukova I.N., Candidate of Science in Biology, Assistant Professor

Zhukov A.A., post-graduate student

Финансовая поддержка

Работа выполнена при поддержке Тувинского государственного университета (Пер. № НИОКТР АААА-А18-118082490003-4).

Дата поступления статьи 20.06.2019

Received by the editors 20.06.2019

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА И СУДАНСКОЙ ТРАВЫ

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Забайкальский край, г. Чита, Россия

Для цитирования: Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Продуктивность и питательная ценность подсолнечника и суданской травы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т.49. № 4. С. 42–48. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-5

For citation: Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Produktivnost' i pitatel'naya tsennost' podsolnechnika i sudanskoï travy [Productivity and nutritional value of sunflower and Sudan grass]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 42–48. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-5

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Приведены результаты изучения продуктивности традиционных и малораспространенных силосных культур – подсолнечника и суданской травы – в одновидовых и совместных посевах с кормовыми бобами, рапсом яровым и редькой масличной. Исследования проведены на лугово-черноземной мучнисто-карбонатной почве в лесостепной зоне Забайкальского края. Объекты исследований – районированные сорта: подсолнечник Енисей, суданская трава Новосибирская 84, кормовые бобы Сибирские, рапс яровой Шпат, редька масличная Тамбовчанка. Агротехника возделывания кормовых культур общепринятая в зоне. Посев подсолнечника в чистом виде и с кормовыми бобами проведен в III декаде мая широкорядным способом чередующимися рядами, суданской травы в чистом виде и в смеси с рапсом яровым и редькой масличной (II декаде мая) – рядовым способом. Экспериментальная работа проведена в сопровождении лабораторных наблюдений и анализов по общепринятым методикам проведения полевых опытов с кормовыми культурами. Установлена возможность повышения продуктивности и питательной ценности кормов силосных аг-

PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE OF SUNFLOWER AND SUDAN GRASS

Andreeva O.T., Pilipenko N.G.,
Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.

Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

The work presents the results of research into productivity of traditional and uncommon silage crops – sunflower and Sudan grass – sown as a single crop and intercropped with broad beans, spring rape and oil radish. The study was carried out on meadow chernozem mealy-carbonate soil in the forest-steppe zone of Trans-Baikal Territory. The objects of the research were the following recognized varieties: Yenisei sunflower, Sudan grass Novosibirsk 84, broad beans Sibirskiye, spring rape Spat, oil radish Tambovchanka. Agricultural technology used for fodder crop cultivation was common for this area. Sunflower was sown both as a single crop and intercropped with broad beans in the third ten-day period of May in wide alternating rows. Sudan grass was sown both as a single crop and intercropped with spring rape and oil radish in the second ten-day period of May in rows. The experimental work was carried out alongside laboratory observations and analyses in accordance with the generally accepted guidelines for field experiments on fodder crops. The possibility of increasing fodder productivity and nutritional value of silage agrocenoses was established by means of intercropping sunflower

роценозов путем использования совместных посевов подсолнечника и суданской травы с кормовыми бобами и капустовыми культурами (рапс яровой и редька масличная) при размещении их в травостоях чередующимися рядами. В опыте отмечен максимальный сбор кормовых единиц 2,96–5,22 т/га, переваримого протеина 414,2–621,1 кг/га и валовой энергии 35,4–67,1 ГДж/га при обеспеченности одной кормовой единицы переваримым протеином 118,9–139,9 г и содержанием в 1 кг сухого вещества 10,0–10,7 МДж обменной энергии.

Ключевые слова: подсолнечник, суданская трава, кормовые бобы, капустовые культуры, одновидовые и совместные посевы

ВВЕДЕНИЕ

Организация производства высококачественных кормов в условиях Забайкалья – одна из основных задач сельского хозяйства. Расширение видового состава адаптированных к биоклиматическим ресурсам культур – основной резерв получения энергонасыщенных кормов. В настоящее время видовой состав кормовых культур используется недостаточно. Однако наряду с традиционными силосными культурами (подсолнечник, кукуруза и др.) существенную роль могут сыграть малораспространенные нетрадиционные растения, к которым относится суданская трава [1].

В Забайкалье подсолнечник является ценной силосной культурой наряду с кукурузой, рапсом, зерновыми мешанками, редькой масличной. Высокая хозяйственная ценность подсолнечника как силосной культуры обусловлена его меньшей требовательностью к теплообеспеченности вегетационного периода, способностью за короткий период формировать высокие урожаи зеленой массы, питательностью корма и возможностью механизации всех операций в технологии возделывания. Зеленая масса подсолнечника хорошо силосуется как в чистом виде, так и в смеси с другими растениями. В условиях Забайкалья подсолнечник формирует до-

and Sudan grass with broad beans and cabbage crops (spring rape and oil radish) and sowing them in herbage in alternating rows. The experiment noted the maximum collection of feed units of 2.96-5.22 t/ha, digestible protein of 414.2-621.1 kg/ha and gross energy of 35.4-67.1 GJ/ha with the availability of digestible protein in the amount of 118.9-139.9 g per one feed unit and 10.0-10.7 MJ of metabolic energy per 1 kg of dry matter.

Keywords: sunflower, Sudan grass, broad beans, cabbage crops, single-species and joint crops

вольно высокие урожаи зеленой массы 35–40 т/га, сухого вещества 6,7–8,4 т/га. В 1 кг силоса 0,14–0,17 к. ед., 9–12 г переваримого протеина, 0,4–0,6 г фосфора, 2,3–2,7 г кальция, 13–20 мг каротина. Зеленая масса подсолнечника может использоваться на корм крупному рогатому скоту и без силосования [2, 3].

К числу наиболее интересных растений универсального значения относится суданская трава. Многогранность использования, экологическая пластичность позволяют выращивать суданскую траву на зеленый корм во многих регионах, поскольку урожайность ее превосходит другие культуры и в условиях Забайкалья превышает 20 т/га. Суданская трава отличается не только своей урожайностью, но и высоким содержанием питательных веществ. В зеленом корме содержится 4,4% протеина, 3,0 – белка, 7,9–9,1% сахара. Сено, убранное в фазе выметывания, содержит 14–16% сырого протеина. Наилучшее качество зеленой массы получают при скашивании в фазе трубкования при содержании протеина 14,2–18,9%. Благодаря таким качествам суданскую траву используют в зеленом конвейере и особенно в смеси с другими культурами, где урожайность зеленой массы смешанных посевов суданской травы с редькой масличной достигает 3,86 т/га, посевы с амарантом – 0,78 т/га [4–7].

Многие исследователи для повышения кормовой ценности и решения проблемы белковой недостаточности в кормах рекомендуют создание поливидовых агроценозов, включающих высокобелковые зернобобовые и капустовые кормовые культуры [8–16].

Включение в агропромышленный комплекс Забайкальского края и появление в регионе новых видов и сортов кормов требуют сравнительных исследований и адаптации культур к местным почвенно-климатическим условиям. Формирование высокопродуктивных агроценозов для производства высококачественного силоса в лесостепной зоне Забайкалья предполагает применение одновидовых и поливидовых посевов традиционных и малораспространенных однолетних кормовых культур с использованием эколого-биологического потенциала высокобелковых растений.

Цель исследований – изучить продуктивность и питательную ценность подсолнечника и суданской травы в одновидовых и поливидовых посевах в условиях Забайкалья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2015–2017 гг. на полях Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, расположенных в Ингодинско-Читинской лесостепи. Климат зоны резко континентальный с малоснежной холодной зимой, жарким летом и недостатком атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Сумма положительных температур выше 10 °C составляет 1500–1800°. Годовая сумма осадков 330–380 мм, основное их количество (85–90%) выпадает в теплый период, максимальное – в июле – августе, минимальное – в мае – июне¹.

В годы исследований погодные условия в период вегетации различались. Вегетаци-

онные периоды (апрель – сентябрь) 2015, 2016 гг. были характерными для лесостепной зоны Забайкалья, выпало 270,2; 194,7 мм осадков при средней многолетней норме 276 мм. Среднемесячная температура воздуха за эти периоды составила 11,2; 11,4 °C при средней многолетней норме 11,2 °C. Гидротермические коэффициенты (ГТК) вегетационных периодов соответственно 0,9; 0,7. Распределение осадков по месяцам вегетационных периодов было неравномерным, в отдельные периоды зарегистрирована высокая температура воздуха и почвы. Вегетационный период 2017 г. отличался повышенной влагообеспеченностью и умеренным увлажнением. За апрель – сентябрь выпало 317,6 мм осадков. Отклонение от среднеемноголетнего показателя (276,0 мм) составило 41,6 мм, или 15,1%. Среднесуточная температура воздуха в среднем за вегетационный период не превышала 15,4 °C при норме 10,4 °C.

В целом климатические условия, создавшиеся в годы исследований, позволили растениям изучаемых культур реализовать максимальный продуктивный потенциал и сформировать достаточно высокий урожай кормовой массы, что указывает на их адаптивность к экстремальным условиям Забайкальского края.

Почва опытного участка лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, гранулометрический состав – легкий суглинок. Реакция почвенного раствора пахотного горизонта слабокислая, подпахотного – нейтральная. Количество органического вещества в слое 0–20 см на уровне 3,67%, общего азота 0,3%. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием средняя.

Площадь посевной делянки 100 м², учетной на кормовые цели 25 м², повторность четырехкратная, расположение делянок последовательное.

Агротехника возделывания кормовых культур общепринятая в зоне. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию в норме N₆₀P₆₀K₆₀. Посев под-

¹Зональные системы земледелия Читинской области. Чита: Областное книжное издательство, 1988. 182 с.

солнечника в чистом виде и с кормовыми бобами провели в рекомендуемые сроки (III декада мая) широкорядным способом с междурядьем 70 см чередующимися рядами, суданской травы в чистом виде и в смесях с рапсом яровым и редькой масличной (II декада мая), рядовым способом с междурядьем 15 см, сеялкой СН-16. Норма высева семян кормовых культур в одновидовых посевах: подсолнечник 250–300 тыс., суданская трава 4,0–4,5 млн всхожих семян/га, в поливидовых: подсолнечник, суданская трава, кормовые бобы, рапс яровой, редька масличная 50% от полной нормы. Глубина заделки семян подсолнечника 5–8 см, суданской травы, рапса ярового, редьки масличной 2–4 см, кормовых бобов 6–8 см.

Объекты исследований – районированные сорта: подсолнечник Енисей, суданская трава Новосибирская 84, кормовые бобы Сибирские, рапс яровой Шпат, редька масличная Тамбовчанка.

Экспериментальная работа выполнена в сопровождении лабораторно-полевых наблюдений и анализов в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. В исследованиях использовали следующие апробированные методики: «Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» (1983 г.), «Методика полевого опыта» (1985 г.), «Опытное дело в полеводстве» (1982 г.), «Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (1985 г.).

Данные учетов урожая были статистически обработаны методом дисперсионного анализа по Р.А. Фишеру в изложении Б.А. Доспехова (1985 г.). Анализ растительных образцов осуществляли в агрохимической лаборатории Института по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдениями за линейным ростом изучаемых традиционных и малораспространенных силосных культур установлено, что наиболее интенсивно в период вегетации развивались растения в одновидовых посе-

вах. Так, высота стеблей подсолнечника и суданской травы к укосной спелости составила соответственно 145 и 165 см. В посевах с чередующимися рядами подсолнечника с кормовыми бобами отмечено незначительное взаимоугнетение (на 3 см). Снижение линейного роста растений в этом опыте по сравнению с одновидовыми посевами к уборке в среднем не превышало 1–3 см, в посевах суданской травы с рапсом яровым и редькой масличной было более значительное (на 17–20 см). Определение облиственности растений показало, что как в одновидовых, так и поливидовых посевах подсолнечника с кормовыми бобами, культуры в среднем сформировали практически равную облиственность (подсолнечник 30–31% и кормовые бобы 59%). В посевах суданской травы облиственность в одновидовых посевах составила 42%, в поливидовых – 33–37, рапса ярового и редьки масличной – 56–57% (см. табл. 1).

Особенности в развитии растений изучаемых традиционных и малораспространенных силосных культур в одновидовых и поливидовых посевах сказались на количестве и качестве урожая. По результатам исследований наиболее полно потенциал продуктивности растения использовали в посевах с размещением культур чередующимися рядами (подсолнечник + кормовые бобы), обеспечивающих получение практически равной

Табл. 1. Линейный рост и облиственность растений в силосных агроценозах в среднем за 2015–2017 гг.

Table 1. Linear growth and foliage of plants in silage agrocenoses, on average for 2015–2017

Вариант	Высота стеблей, см	Облиственность, %
Подсолнечник	145	31
Суданская трава	165	42
Подсолнечник + кормовые бобы	142 90	30 59
Суданская трава + рапс яровой	145 113	37 56
Суданская трава + редька масличная	148 112	33 57

Табл. 2. Продуктивность и питательность силосных агроценозов в одновидовых и совместных посевах в среднем за 2015–2017 гг.**Table 2.** Productivity and nutritional value of silage agrocenoses in single-species and joint crops on average for 2015-2017

Вариант	Сбор сухого вещества, т/га	Сбор с урожаем		Выход валовой энергии, ГДж/га	Содержание	
		кормовых единиц, т/га	переваримого протеина, кг/га		переваримого протеина на 1 к. ед., г	ОЭ в 1 кг сухого вещества, МДж
Подсолнечник	5,68	4,14	359,5	53,9	86,8	9,5
Суданская трава	2,63	2,24	250,0	26,8	112,0	10,2
Подсолнечник + кормовые бобы	6,71	5,22	621,1	67,1	118,9	10,0
Суданская трава + рапс яровой	3,61	3,21	426,1	38,6	132,7	10,7
Суданская трава + редька масличная	3,44	2,96	414,2	35,4	139,9	10,3

урожайности зеленой массы 27,0–27,8 т/га, что позволило увеличить сбор сухого вещества на 18,1% по отношению к одновидовым посевам. Суданская трава в одновидовых посевах обеспечила урожайность зеленой массы 14,6 т/га, в поливидовых (суданская трава + рапс яровой, суданская трава + редька масличная) – 20,7–21,7 т/га соответственно, что увеличило сбор сухого вещества по сравнению с одновидовыми посевами на 30,8–37,3%. Включение кормовых бобов, рапса ярового и редьки масличной в поливидовые посевы способствовало существенному увеличению кормового белка в урожае. Сбор переваримого протеина в агроценозах с участием подсолнечника и кормовых бобов превысил одновидовые посевы на 261,6 кг/га, суданской травы с рапсом яровым на 176,1, суданской травы с редькой масличной на 164,2 кг/га (см. табл. 2).

В поливидовых посевах подсолнечника с кормовыми бобами при размещении их в травостоях чередующимися рядами получен максимальный сбор кормовых единиц 5,22 т/га, переваримого протеина 621,1 кг/га, выход валовой энергии 67,1 ГДж/га с обеспеченностью кормовой единицы переваримым протеином 118,9 г/к.ед. и содержанием в 1 кг сухого вещества 10,0 МДж обменной энергии. Суданская трава в поливидовых посевах с капустовыми культурами по сбору сухого вещества, кормовым единицам, пере-

варимому протеину, выходу валовой энергии уступала подсолнечнику с кормовыми бобами соответственно на 46,2–48,7%, 38,5–43,3; 31,4–33,3; 42,8–47,4%. По переваримому протеину на одну кормовую единицу и обменной энергии получено превышение 13,8–21,0 г, 0,3–0,7 МДж.

ВЫВОДЫ

1. В Забайкальском крае для повышения продуктивности и качества кормовых агроценозов традиционных и малораспространенных культур целесообразно высевать подсолнечник и суданскую траву совместно с высокобелковыми культурами (в частности с кормовыми бобами, рапсом яровым и редькой масличной).

2. Поливидовые посевы подсолнечника и суданской травы с размещением культур чередующимися рядами увеличивают сбор сухого вещества на 18,1–37,3% по сравнению с одновидовыми посевами. Включение кормовых бобов в поливидовые агроценозы повышает сбор переваримого протеина в 1,4 раза.

3. Создание поливидовых агроценозов подсолнечника и суданской травы с кормовыми бобами, рапсом яровым и редькой масличной при размещении их в травостоях чередующимися рядами обеспечивает максимальный сбор кормовых единиц 2,96–5,22 т, переваримого протеина 414,2–621,1 кг и

валовой энергии 35,4–67,1 ГДж с 1 га при высокой обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином 118,9–139,9 г и содержанием в 1 кг сухого вещества 10,0–10,7 МДж обменной энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шашкова Г.Г., Андреева О.Т., Цыганова Г.П.* Агротехнологии производства и качество кормов в Забайкальском крае: монография. Чита: Читинская городская типография, 2015. 390 с.
2. *Климова Э.В.* Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск. 2001. 392 с.
3. *Шашкова Г.Г., Цыганова Г.П., Андреева О.Т.* Возделывание сельскохозяйственных культур в Забайкальском крае: монография. Чита: Экспресс-издательство, 2012. 283 с.
4. *Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю., Хлебникова Е.Н.* Перспективы использования бобовых культур в кормопроизводстве Забайкальского края // Кормопроизводство. 2012. № 10. С. 14–17.
5. *Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю., Хлебникова Е.Н.* Повышение продуктивности силосных агроценозов в Забайкальском крае // Кормопроизводство. 2015. № 11. С. 6–9.
6. *Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю., Хлебникова Е.Н.* Перспективы использования холодостойких высокобелковых культур в кормопроизводстве Забайкальского края // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 4. С. 209–219.
7. *Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г.* Возделывание силосных культур на лугово-черноземной почве Восточного Забайкалья // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 43–50.
8. *Кашеваров Н.И., Вязовский В.А.* Проблема белка в кормопроизводстве Западной Сибири, пути ее решения // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 11. С. 42–45.
9. *Бенц В.А., Кашеваров Г.А., Демарчук Г.А.* Полевое кормопроизводство в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2011. 240 с.
10. *Косолапов В.М., Трофимов И.А.* Роль кормовых зернобобовых культур в укреплении кормовой базы животноводства // Зернобобовые и крупяные культуры. № 1. 2012. С. 98–101.

11. *Косолапов В.М., Трофимов И.А.* Кормопроизводство – важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. 2011. № 1. С. 22–27.
12. *Кашеваров Н.И., Данилов В.П., Полюдина Р.И., Андреева О.Т., Мустафин А.М.* Агротехнологии производства кормов в Сибири: монография. Новосибирск: Издательство СО РАСХН, 2013. 248 с.
13. *Кашеваров Н.И., Сапрыкин В.С., Данилов В.П.* Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка // Кормопроизводство. 2013. № 1. С. 3–6.
14. *Щукис Е.Р.* Кормовые культуры на Алтае: монография. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. 182 с.
15. *Кононов С.И., Латфуллин В.З., Фатыхов И.Ш., Мазунина Н.И.* Приемы посева суданской травы в Среднем Предуралье // Кормопроизводство. 2014. № 9. С. 29–33.
16. *Лукомец В.М., Кривошлыков К.М.* Производство подсолнечника в Российской Федерации: состояние и перспективы // Земледелие. 2009. № 8. С. 3–6.

REFERENCES

1. Shashkova G.G., Andreeva O.T., Tsyganova G.P. *Agrotekhnologii proizvodstva i kachestvo kormov v Zabaikal'skom krae* [Agrotechnologies of production and quality of feed in Trans-Baikal Territory]. Chita, Chita City Printing House, 2015, 390 p. (In Russian).
2. Klimova E.V. *Polevye kul'tury Zabaikal'ya* [Field crops of Transbaikalia]. Poisk Publ., Chita, 2001, 392 p. (In Russian).
3. Shashkova G.G., Tsyganova G.P., Andreeva O.T. *Vozdelyvanie sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Zabaikal'skom krae* [Cultivation of crops in Trans-Baikal Territory], Chita, Express Publishing, 2012, 283 p. (In Russian).
4. Andreyeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.YU., Khlebnikova Ye.N. *Perspektivy ispol'zovaniya bobovykh kul'tur v kormoproduktse Zabaykal'skogo kraia* [Prospects for the use of legumes in fodder production of Trans-Baikal Territory]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2012, no. 10, pp. 14–17. (In Russian).
5. Andreyeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.YU., Khlebnikova Ye.N. *Povysheniye produktivnosti silosnykh agrotsenozov v*

- Zabaykal'skom kraye [Increasing the productivity of silage agrocenoses in Trans-Baikal Territory]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2015, no. 11, pp. 6–9. (In Russian).
6. Andreyeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.YU., Khlebnikova Ye.N. Perspektivy ispol'zovaniya kholodostoykikh vysokobelkovykh kul'tur v kormoproizvodstve Zabaykal'skogo kraya [Prospects for the use of cold-resistant high-protein crops in feed production of Trans-Baikal Territory]. *Vestnik APK Stavropol'ya* [Agricultural Bulletin of Stavropol Region], 2015, no. 4, pp. 209–219. (In Russian).
 7. Andreyeva O.T., Pilipenko N.G. Vozdelyvaniye silosnykh kul'tur na lugovo-chernozemnoy pochve Vostochnogo Zabaykal'ya [Cultivation of silage crops on meadow chernozem soil of Eastern Transbaikalia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2017, no. 2, pp. 43–50. (In Russian).
 8. Kashevarov N.I., Vyazovsky V.A. Problema belka v kormoproizvodstve Zapadnoi Sibiri, puti ee resheniya [The problem of protein in feed production in Western Siberia, ways to solve it]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2010, no. 11, pp. 42–45. (In Russian).
 9. Benz V.A., Kashevarov G.A., Demarchuk G.A. *Polevoe kormoproizvodstvo v Sibiri* [Field fodder production in Siberia]. Novosibirsk: Siberian Branch of Academy of Agricultural Sciences, 2011, 240 p. (In Russian).
 10. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Rol' kormovykh zernobobovykh kul'tur v ukreplenii kormovoi bazy zhivotnovodstva [The role of fodder leguminous crops in strengthening the fodder base of livestock breeding]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Grain legumes and cereals], no. 1, 2012, pp. 98–101. (In Russian).
 11. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Kormoproizvodstvo vazhneishee napravlenie v ekonomike sel'skogo khozyaistva Rossii [Feed production is the most important direction in the economy of agriculture of Russia]. *APK: Ekonomika, upravlenie* [AIC: Economy, management], 2011, no. 1, pp. 22–27. (In Russian).
 12. Kashevarov N.I., Danilov V.P., Polyudina R.I., Andreeva O.T., Mustafin A.M. *Agrotekhnologii proizvodstva kormov v Sibiri* [Agrotechnologies of feed production in Siberia]. Novosibirsk, Publisher SB RAS, 2013, 248 p. (In Russian).
 13. Kashevarov N.I., Saprykin V.S., Danilov V.P. Mnogokomponentnye senazhnye smesi v reshenii problem defitsita kormovogo rastitel'nogo belka [Multicomponent hay mixes in solving the problem of shortage of fodder vegetable protein]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2013, no. 1, pp. 3–6. (In Russian).
 14. Schukis E.R. *Kormovye kul'tury na Altai* [Feed crops in Altai]. Barnaul: Altai Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 2013, 182 p. (In Russian).
 15. Kononov S.I., Latfullin V.Z., Fatykhov I.Sh., Mazunin N.I. Priemy poseva sudanskoi travy v Srednem Predural'e [Methods of sowing Sudan grass in the Middle Urals]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2014, no. 9, pp. 29–33. (In Russian).
 16. Lukomets V.M., Krivoshlykov K.M. Proizvodstvo podsolnechnika v Rossiiskoi Federatsii: sostoyanie i perspektivy [Sunflower production in the Russian Federation: state and prospects]. *Zemledelie* [Magazine "Zemledelie"], 2009, no. 8, pp. 3–6. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Андреева О.Т.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита-10, ул. Кирова, 49, а/я 470; e-mail: vetinst@mail.ru

Пилипенко Н.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Сидорова Л.П., старший научный сотрудник

Харченко Н.Ю., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Andreeva O.T.**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, **address:** P.O. Box 470, 49 Kirova street, Chita-10, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: vetinst@mail.ru

Pilipenko N.G., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher,

Sidorova L.P., Senior Researcher

Kharchenko N.Yu., Researcher

Дата поступления статьи 24.06.2019
Received by the editors 24.06.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-6

УДК: 636.2.034:635.02.2

ВЛИЯНИЕ ГЕНОВ БЕЛКОВ И ГОРМОНОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДОЛГОЛЕТИЕ СИММЕНТАЛОВ

Магер С.Н., Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А., Халина О.Л.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Для цитирования: Магер С.Н., Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Хорошилова Т.С., Герасимчук Л.Д., Шишкина М.А., Халина О.Л. Влияние генов белков и гормонов на продуктивность и долголетие симменталов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 49–57. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-6

For citation: Mager S.N., Goncharenko G.M., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Gerasimchuk L.D., Shishkina M.A., Khalina O.L. Vliyanie genov belkov i gormonov na produktivnost' i dolgoletie simmentalov [Influence of protein and hormone genes on productivity and longevity of Simmentals]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 49–57. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-6

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведены исследования в области молочного скотоводства с применением генетических маркеров (SNPs) для изучения их связи со сроками хозяйственного использования коров и продуктивности. Объектом исследования служили 186 коров симментальской породы из хозяйства, расположенного в Новосибирской области. Для изучения продуктивности (удой, жир, белок, число лактаций) использованы данные зоотехнического учета. Молекулярно-генетические исследования и статистические обработки результатов опытов проведены по общепринятым методикам. Представлены результаты оценки стада по полиморфизму CSN3, PRL, BLG, TNF- α -824 генов, частота генотипов которых соответствует породной принадлежности. Генное равновесие не нарушено ($\chi^2 = 0,147\text{--}2,306$). Гомо- и гетерозиготность находятся примерно в одинаковом соотношении, за исключением гомозиготности гена PRL (0,736). Выявлены

INFLUENCE OF PROTEIN AND HORMONE GENES ON PRODUCTIVITY AND LONGEVITY OF SIMMENTALS

Mager S.N., Goncharenko G.M., Grishina N.B., Khoroshilova T.S., Gerasimchuk L.D., Shishkina M.A., Khalina O.L.

*Siberian Federal Scientific Centre
of Agro-BioTechnologies of
the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

The research was conducted in the field of dairy cattle breeding with the use of genetic markers (SNPs) in order to study their relationship with the period of economic use of cows and their productivity. The object of the study was 186 cows of Simmental breed from the farm situated in Novosibirsk region. To study cows' productivity (milk yield, fat, protein, the number of lactations) the data of zootechnical records was used. Molecular genetic research and statistical processing of experimental results were carried out according to generally accepted methods. The paper presents the results of the herd assessment by polymorphism of CSN3, PRL, BLG, TNF- α -824 genes, whose genotype frequency corresponds to a particular breed. Gene balance is not disturbed ($\chi^2 = 0.147\text{--}2.306$). Homo and heterozygosity are approximately in the same ratio, except for the homozygosity of the gene PRL (0,736). Genotypes of cows desirable for productive longevity were identified: BLG^{BB},

желательные по продуктивному долголетию генотипы коров BLG^{BB} , PRL^{AA} , PRL^{AB} , $TNF-\alpha^{GG}$, численность которых в третьей лактации более 70% по отношению к первой. Наиболее высоким продуктивным долголетием отличались животные с генотипами BLG^{BB} и PRL^{AA} , 9,0 и 8,3% из их числа соответственно имели четвертую лактацию. К желательным генотипам по молочной продуктивности можно отнести генотип BLG^{AA} . Различие с носителями генотипа BLG^{BB} составляло 624 кг ($p < 0,01$). В гене $TNF-\alpha$ более высокий удой по второй лактации на 787,3 кг отмечен у коров с генотипом $TNF-\alpha^{AA}$ в сравнении с генотипом $TNF-\alpha^{GG}$ ($p < 0,01$). У этих животных установлено повышенное содержание в молоке жира на 0,07%, белка на 0,05% ($p < 0,01$).

Ключевые слова: симменталы, генотип, аллель, продуктивное долголетие, удой

ВВЕДЕНИЕ

Продуктивное долголетие коров – многофакторный признак, который в настоящее время имеет стойкую тенденцию к снижению. Потенциал продуктивности коров проявляется в четвертую и пятую лактации, затраты на выращивание ремонтных телок, нетелей окупаются после третьей и четвертой лактации. В связи с этим необходимо устранять причины, снижающие срок эксплуатации животных, и вести селекцию на повышение пожизненной продуктивности, что является важным условием конкурентоспособности отечественного животноводства. Только здоровая корова может быть высокопродуктивной и с длительным сроком использования [1]. Из технологических факторов к наиболее существенным, оказывающим наиболее сильное воздействие на этот показатель, можно отнести живую массу при случке и возраст первого осеменения¹, а также продуктивность по первой и наивысшей лактации [2–4].

Долголетие коров, как показывают исследования, – наследственно обусловленный

PRL^{AA} , PRL^{AB} , $TNF-\alpha^{GG}$, whose number in the third lactation was over 70% in relation to the first. The highest productive longevity was observed in animals with genotypes BLG^{BB} and PRL^{AA} , where 9.0% and 8.3% of their number, respectively, had a fourth lactation. Genotype BLG^{AA} can be referred to as a desirable genotype for milk productivity. The difference from carriers of genotype BLG^{BB} was 624 kg ($p < 0.01$). In the gene $TNF-\alpha$, a higher yield in the second lactation at 787.3 kg was observed in cows with genotype TNF^{AA} , compared to genotype $TNF-\alpha^{GG}$ ($p < 0.01$). The same animals were found to have an increased content of fat in milk by 0.07% and protein by 0.05% ($p < 0.01$).

Keywords: Simmentals, genotype, allele, productive longevity, yield

фактор, зависящий от быков-производителей и их линейной принадлежности. Так, в породе Сибирячка выявлены быки-производители, оказывающие наиболее значимое влияние на продолжительность хозяйственного использования дочерей [3]. Длительность продуктивного использования коров на 65,6% обусловлена влиянием отца, пожизненная молочная продуктивность на 57% [5, 6].

Определена положительная связь между удоєм за лучшую лактацию и продолжительностью жизни, коэффициент корреляции между этими признаками составил 0,48, доля влияния этого показателя на продолжительность жизни составила 16,23%, на пожизненный удой – 27,9%². Кроме того, установлена зависимость продуктивного долголетия коров от породной принадлежности. Коровы симментальской породы отличаются лучшими воспроизводительными качествами, повышенным содержанием белка в молоке, большим продуктивным долголетием по сравнению с черно-пестрой и айрширской породами [7].

¹Яранцева С.Б., Шишкина М.А. Влияние живой массы телок при первом плодотворном осеменении и возраста первого отела на пожизненную продуктивность и долголетие коров // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий. Материалы VI Международной научно-практической конференции, 2017. г. Горно-Алтайск, 8–11 июня 2017. С. 190–194.

²Богданова Т.В., Саморуков Ю.В. Порода трех производственных направлений – симментальская // Повышение конкурентоспособности животноводства и задачи кадрового обеспечения. Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ РАМЖ. пос. Быково Московской области, 2016. С. 46–51.

С появлением молекулярно-генетических методов в животноводстве стало возможным изучение долголетия коров с использованием в селекции генетических маркеров (SNPs) и выявление их связей с этим показателем. Гетерозиготные по гену к-казеина холмогорские коровы сочетают более высокую молочную продуктивность и длительный срок продуктивного использования [8]. Также выявлены желательные и нежелательные аллельные сочетания по генам гормона лептина (LEP).

Цель исследования – изучить генотипические особенности коров симментальской породы и выявить связь генотипов с продуктивностью и долголетием животных.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили коровы симментальской породы ($n = 186$). Молекулярно-генетические исследования проведены в лаборатории биотехнологии СибНИПТИЖа СФНЦА РАН. ДНК выделяли из крови консервированной ЭДТА с использованием набора для экстракции из клинического материала «Ампли Прайм ДНК-сорб-В» по прописи изготовителя. ДНК-типирование коров по генам к-казеина, PRL, BLG было проведено согласно рекомендациям³.

Методика определения полиморфизма гена TNF- α -824 A/G изложена в статьях [9, 10]. Амплификацию проводили в амплификаторе C1000 «BioRad». Полученные продукты амплификации генов обрабатывали эндонуклеазами рестрикции Hind III, EcoICRI, Hae III, RsaI (СибЭНЗИМ, Новосибирск) согласно прописи изготовителя. Визуализацию и идентификацию генотипов определяли электрофорезом в 3%-м агарозном геле в УФ-свете.

Для изучения продуктивности (удой, жир, белок, число лактаций) были использованы данные зоотехнического учета. Статистическую обработку проводили с использованием стандартных компьютерных программ Excel по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Стадо симменталов по всем изученным генам имеет полиморфизм (см. табл. 1). Генотип CSN3^{BB}, приоритетность которого в содержании жира и белка в молоке доказана многочисленными исследованиями⁴, в том числе и нашими [11, 12], в исследуемом стаде выявлен на уровне 10%. В то же время существуют сведения о более высокой его частоте (17–25%) в породе симменталов [13]. Видимо на этот факт повлияла голштинизация, подбор быков преимущественно с AA и AB генотипами на протяжении нескольких лет. Полиморфизм гена PRL соответствует средним показателям по породе. Генотип PRL^{AA} является преобладающим во всех молочных породах, включая и симментальскую [14]. Полиморфизм гена BLG в породах значительно отличается, однако соотношение аллелей А и В чаще всего ос-

Табл. 1. Популяционно-генетическая характеристика симменталов

Table 1. Population and genetic characteristics of Simmentals

Генотип	<i>n</i>	Частота, %	χ^2	Ca, %
CSN3 ^{AA}	72	38,7 ± 3,57	2,306	0,540
CSN3 ^{AB}	95	51,1 ± 3,66		
CSN3 ^{BB}	19	10,2 ± 2,21		
PRL ^{AA}	72	70,6 ± 4,51	0,147	0,736
PRL ^{AB}	28	27,4 ± 4,41		
PRL ^{BB}	2	2,0 ± 1,38		
BLG ^{AA}	43	27,6 ± 3,57	2,054	0,501
BLG ^{AB}	69	44,2 ± 3,97		
BLG ^{BB}	44	28,2 ± 3,60		
TNF- α ^{AA}	21	13,5 ± 2,73	0,121	0,530
TNF- α ^{GA}	76	48,7 ± 5,73		
TNF- α ^{GG}	59	37,8 ± 3,88		

³Калашиникова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Павлова И.Ю., Ганченкова Т.Б., Дунин М.И., Приданова И.Е. Рекомендации по геномной оценке крупного рогатого скота. Лесные Поляны, Московская область, 2015. 33 с.

⁴Валитов Ф.Р. Эффективность использования современных методов маркерной селекции в молочном скотоводстве: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук, 2018. 42 с.

тается неизменным (0,31–0,39 и 0,61–0,69)⁵. Нашими исследованиями в стаде установлена частота AA, AB и BB генотипов соответственно как 27,6; 44,2; 28,2. В гене TNF-α около половины животных имеют гетерозиготный генотип, TNF-α^{GG} – 37,8%, на долю TNF-α^{AA} приходится 13,5%. При этом генное равновесие не нарушено.

Наиболее высокая гомозиготность отмечена по гену PRL (0,736), тогда как по другим генам она находится примерно в одинаковом соотношении с гетерозиготностью.

На изменение генофонда непосредственное влияние оказывает продуктивное долголетие коров. В связи с этим представляет интерес исследование ассоциированности этого показателя с разными генотипами. Его изучали по количеству животных, имеющих от одной до шести лактаций с учетом генотипов.

Анализ проведен в процентном соотношении численности животных в последующих лактациях к первой (см. табл. 2).

При анализе табл. 2 по продуктивному долголетию выявлены приоритетные генотипы, к которым можно отнести BLG^{BB}, PRL^{AA}, PRL^{AB}, TNF-α^{GG}. Их численность в третьей лактации относительно первой составляет более 70%.

Так, в гене BLG обращают на себя внимание коровы с BLG^{BB} генотипом, численность которых в третьей лактации относительно первой составляет 77,2%, что выше, чем с генотипами BLG^{AA} и BLG^{AB}, на 33,1 и 27,9% соответственно ($p < 0,01$). В дальнейшем разница не достигает достоверных различий, однако тенденция сохраняется и в шестой лактации коров осталось 9,0%, что представляет самое высокое значение этого показателя.

В PRL гене к приоритетному генотипу по показателю долголетия можно отнести PRL^{AA}, число носителей которого в третьей лактации было самое высокое из всех сравниваемых животных. Половина этих животных продуцировала в четвертой, 15% – в пятой и 8,3% – в шестой лактации.

При анализе продуктивного долголетия среди коров с разными генотипами гена TNF-α выявлено более высокое его значение у коров с геном TNF-α^{GG}. По третьей лактации его разница с TNF-α^{GA} генотипом составляет 20,2% ($p < 0,05$), с TNF-α^{AA} генотипом – 37,9% ($p < 0,001$), однако в четвертой лактации различия сохранились только в отношении генотипа TNF-α^{AA}, 40,6% против 9,5% ($p < 0,001$). В последующих лактациях различия между генотипами сгладились.

Табл. 2. Продуктивное долголетие коров с учетом генотипов, %

Table 2. Productive longevity of cows taking into account genotypes, %

Генотип	n (первая лактация)	Лактация				
		вторая	третья	четвертая	пятая	шестая
CSN3 ^{AA}	72	88,8 ± 3,7	47,2 ± 5,8	25,0 ± 5,1	4,1 ± 2,3	1,3 ± 1,3
CSN3 ^{AB}	95	90,5 ± 3,0	48,4 ± 5,1	31,6 ± 4,7	6,3 ± 2,5	4,2 ± 2,0
CSN3 ^{BB}	19	89,5 ± 7,0	42,1 ± 11,3	26,3 ± 10,1	10,5 ± 7,0	5,2 ± 5,1
BLG ^{AA}	43	86,0 ± 5,3	44,1 ± 7,6	34,9 ± 7,3	2,3 ± 2,3	0,0
BLG ^{AB}	69	97,1 ± 2,0	49,3 ± 6,0	26,0 ± 5,3	5,7 ± 2,8	2,8 ± 1,9
BLG ^{BB}	44	95,4 ± 3,2	77,2 ± 6,3	43,2 ± 7,5	13,6 ± 5,2	9,0 ± 4,3
PRL ^{AA}	72	95,8 ± 2,4	81,9 ± 4,5	51,4 ± 5,9	15,3 ± 4,2	8,3 ± 3,3
PRL ^{AB}	28	96,4 ± 3,5	85,7 ± 6,6	57,4 ± 9,3	0,0	0,0
PRL ^{BB}	2	100,0 ± 0,0	100,0 ± 0,0	0,0	0,0	0,0
TNF-α ^{AA}	21	95,2 ± 4,7	33,3 ± 10,2	9,5 ± 6,3	0,0	0,0
TNF-α ^{GA}	76	93,4 ± 2,8	50,0 ± 5,7	34,2 ± 5,6	7,8 ± 3,1	3,9 ± 2,2
TNF-α ^{GG}	59	93,2 ± 3,3	71,2 ± 5,9	40,6 ± 6,4	8,4 ± 3,6	5,0 ± 2,8

⁵Тюлькин С.В. Молекулярно-генетическое тестирование крупного рогатого скота по генам белков молока, гормонов, фермента и наследственных заболеваний: автореф. дис. ... д-ра биол. наук, 2019. 46 с.

Между генотипами гена k-казеина и сроками хозяйственного использования коров, а также с молочной продуктивностью связей не выявлено.

При изучении влияния генотипов гена BLG на продуктивность по всем учтенным признакам существенных различий не выявлено, за исключением удоя во второй лактации, где приоритетное положение занимает генотип BLG^{AA}. Различие с носителями ге-

нотипа BLG^{BB} составляет 624 кг ($p < 0,01$) (см. табл. 3).

О желательности определенного генотипа в гене BLG данные противоречивы. Рядом авторов [15] показана связь показателей молочной продуктивности (удой, жир, белок) с аллелем В гена BLG, другие, напротив, с аллелем А [16, 17].

Аналогичная ситуация отмечена и в отношении генотипов гена TNF- α (см. табл. 4).

Табл. 3. Продуктивность коров за 305 дней лактации в зависимости от носительства генотипа по гену BLG

Table 3. Productivity of cows for 305 days of lactation depending on the genotype carrier of BLG gene

Показатель	Генотип		
	BLG ^{AA}	BLG ^{AB}	BLG ^{BB}
<i>Первая лактация</i>			
<i>n</i>	43	69	44
Удой, кг	5391,1 ± 131,2	5377,8 ± 95,3	5194,2 ± 123,2
Жир, кг	3,71 ± 0,02	3,72 ± 0,01	3,70 ± 0,02
Белок, %	3,27 ± 0,01	3,26 ± 0,01	3,23 ± 0,01
<i>Вторая лактация</i>			
<i>n</i>	37	67	42
Удой, кг	6080,5 ± 185,4	6070,9 ± 149,1	5456,1 ± 153,1
Жир, кг	3,86 ± 0,02	3,88 ± 0,01	3,86 ± 0,02
Белок, %	3,40 ± 0,01	3,42 ± 0,01	3,36 ± 0,02
<i>Третья лактация</i>			
<i>n</i>	35	60	65
Удой, кг	6132,9 ± 124,7	6024,2 ± 139,6	5841,0 ± 136,3
Жир, кг	3,89 ± 0,02	3,91 ± 0,01	3,88 ± 0,02
Белок, %	3,39 ± 0,01	3,38 ± 0,01	3,36 ± 0,0

Табл. 4. Продуктивность коров в зависимости от носительства генотипа по гену TNF- α

Table 4. Productivity of cows depending on the genotype carrier of TNF- α gene

Показатель	Генотип		
	TNF- α ^{AA}	TNF- α ^{AB}	TNF- α ^{BB}
<i>Первая лактация</i>			
<i>n</i>	21	76	58
Удой, кг	5596,1 ± 199,2	5313,5 ± 82,4	5257,6 ± 118,3
Жир, кг	3,75 ± 0,02	3,72 ± 0,01	3,68 ± 0,02
Белок, %	3,29 ± 0,01	3,26 ± 0,01	3,23 ± 0,01
<i>Вторая лактация</i>			
<i>n</i>	20	71	55
Удой, кг	6319 ± 191,9	5981,6 ± 151,4	5632,6 ± 142,2
Жир, кг	3,91 ± 0,02	3,90 ± 0,01	3,88 ± 0,02
Белок, %	3,38 ± 0,01	3,38 ± 0,01	3,36 ± 0,01
<i>Третья лактация</i>			
<i>n</i>	9	74	76
Удой, кг	6516 ± 413,7	5984,5 ± 117,3	5880,1 ± 113,6
Жир, кг	3,91 ± 0,02	3,90 ± 0,01	3,88 ± 0,02
Белок, %	3,38 ± 0,02	3,38 ± 0,01	3,36 ± 0,01

Коровы с желательным с точки зрения продуктивного долголетия генотипом $TNF-\alpha^{GG}$ не отличаются высокой молочной продуктивностью. По второй лактации более высокий удой (на 787,3 кг) у коров с генотипом $TNF-\alpha^{AA}$, в сравнении с генотипом $TNF-\alpha^{GG}$ ($p < 0,01$). У этих животных наблюдали и повышенное содержание в молоке жира на 0,07% и белка на 0,05% ($p < 0,01$). Продуктивность коров с гетерозиготным генотипом $TNF-\alpha^{AG}$ занимает среднее положение.

Выявленные различия между генотипами по срокам хозяйственного использования и молочной продуктивностью коров можно учитывать при составлении перспективного плана племенной работы с этой породой.

ВЫВОДЫ

1. Коровы симментальской породы имеют полиморфизм по всем изученным генам, частота генотипов которых соответствует породной принадлежности. Генное равновесие не нарушено ($\chi^2 = 0,147-2,306$). Гомо- и гетерозиготность находится примерно в одинаковом соотношении, за исключением гомозиготности гена PRL (0,736).

2. Наиболее высокое продуктивное долголетие отмечено у коров с BLG^{BB} , PRL^{AA} , PRL^{AB} , $TNF-\alpha^{GG}$ генотипами. Их численность в третьей лактации относительно первой составляет более 70%. В четвертой лактации более высокая численность коров наблюдается с генотипами BLG^{BB} и PRL^{AA} , 9,0 и 8,3% соответственно относительно первой лактации.

3. К приоритетным генотипам по молочной продуктивности можно отнести генотип BLG^{AA} . Различие с носителями генотипа BLG^{BB} составляет 624 кг ($p < 0,01$). В гене $TNF-\alpha$ более высокий удой по второй лактации (на 787,3 кг) наблюдали у коров с генотипом $TNF-\alpha^{AA}$, в сравнении с генотипом $TNF-\alpha^{GG}$ ($p < 0,01$). У этих животных установлено повышенное содержание в молоке жира на 0,07%, белка на 0,05% ($p < 0,01$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихомиров И.А., Скоркин В.К., Аксенова В.П., Андрюхина О.Л. Продуктивное

долголетие коров и анализ причин их выбытия // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2016. № 1 (21). С. 64–72.

2. Руденко О.В. Связь уровня молочной продуктивности красных горбатовских коров с их продуктивным долголетием // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (45). С. 101–106. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-1-101-106
3. Клименок И.И., Герасимчук Л.Д., Яранцева С.Б., Шишкина М.А. Продолжительность продуктивного использования коров породы Сибирячка в Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (41). С. 137–142.
4. Юмагузин И.Ф., Аминова А.Л., Валитов Ф.Р. Продолжительность хозяйственного использования коров в зависимости от уровня молочной продуктивности за первую лактацию // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. 2018. № 3–6. С. 80–82. DOI: 10.1040/2222-8349-2018-6-3-80-82
5. Руденко О.В. Генетические факторы, обуславливающие продуктивное долголетие коров в бурой швицкой породе // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2 (51). С. 22–28.
6. Ерёмин С.В., Руденко О.В., Ерёмин А.П. Молочная продуктивность и долголетие коров бурой швицкой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (70). С. 227–230.
7. Ковалюк Н.В., Гырнец Е.А. Полиморфизм аллелей гена LEP как генетический маркер функционального долголетия крупного рогатого скота айрширской породы // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журнал. 2016. № 6 (24). С. 3. URL: <http://7Universum.com/ru/nature/archive/item/3257>.
8. Труфанов В.Г., Серёгин А.С., Глотова Г.Н. Продуктивное долголетие холмогорской породы разных генотипов по каппа-казеину // Вестник Рязанского государственного аграрно-технологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 3 (7). С. 18–20.
9. Крыцина Т.И., Кочнев Н.Н., Голубева Е.Б., Айтназаров Р.Б., Гончаренко Г.М., Юдин Н.С. Ассоциация полиморфизма – 824 A/G гена фактора некроза опухоли с

- показателями роста телят красной степной породы // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2014. № 3 (33). С. 71–75.
10. Люханов М.П., Петухов В.Л., Короткевич О.С., Себежко О.И. Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPs по гену TNF R1 у крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью // Зоотехния. 2015. № 3. С. 2–3.
 11. Гончаренко Г.М., Горячева Т.С., Медведева Н.С., Гришина Н.Б., Акулич Е.Г., Кононенко Е.В. Полиморфизм гена к-казеина и сыродельческие признаки молока коров симментальской породы // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 10. С. 45–46.
 12. Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Плахина О.В., Герасимчук Л.Д., Бамбух В.И., Панков Е.А., Панков С.А. Влияние голштинизации симментальской породы на изменение полиморфизма генов CSN3, BLG и их связь с продуктивностью и сыропригодностью // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 44–53.
 13. Гончаренко Г.М., Гришина Н.Б., Плахина О.В., Бексеитов Т.К. Полиморфизм гена CSN3 симментальской породы скота разных эколого-географических зон и связь генотипов с продуктивностью // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 6. С. 47–53.
 14. Валитов Ф.Р. Полиморфизм гена PRL в популяциях крупного рогатого скота плановых пород Республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 61–66. DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-61-66
 15. Новиков Д.В., Калашикова Л.А., Беган М.А. Полиморфизм генов молочных белков у коров голштинской породы в условиях Рязанской области // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2014. № 2 (22). С. 12–15.
 16. Ахметов Т.М., Тюлькин С.В., Валиулина Э.Ф. Молочная продуктивность коров с разными генотипами бета-лактоглобулина // Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2011. Т. 207. С. 51–57.
 17. Федотова Н.В., Лозовая Г.С. Полиморфизм бета-лактоглобулина и оценка молочной

продуктивности чёрно-пёстрых коров разных генотипов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 6. С. 57–60.

REFERENCES

1. Tikhomirov I.A., Skorkin V.K., Aksenova V.P., Andryukhina O.L. Produktivnoe dolgoletie korov i analiz prichin ikh vybytiya [Cows productive longevity and their reasons for culling analysis]. *Vestnik Vserossiiskogo Nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva* [Journal of All-Russian Research Institute of Animal Husbandry Mechanization], 2016, no. 1 (21), pp. 64–72. (In Russian).
2. Rudenko O.V. Svyaz' urovnya molochnoi produktivnosti krasnykh gorbatovskikh korov s ikh produktivnym dolgoletiem [The connection between the level of milk productivity of red Gorbatov cows and their productive longevity]. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy], 2019, no. 1(45), pp. 101–106. (In Russian). DOI: 10.18286/1816-4501-2019-1-101-106
3. Klimenok I.I., Gerasimchuk L.D., Yarantseva S.B., Shishkina M.A. Prodolzhitel'nost' produktivnogo ispol'zovaniya korov porody Sibiryachka v Zapadnoi Sibiri [Duration of efficient usage of Sibiryachka cows in Western Siberia]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2016, no. 4(41), pp. 137–142. (In Russian).
4. Yumaguzin I.F., Aminova A.L., Valitov F. R. Prodolzhitel'nost' khozyaistvennogo ispol'zovaniya korov v zavisimosti ot urovnya molochnoi produktivnosti za pervuyu laktatsiyu [Duration of economic use of cows depending on the level of milk yield during the first lactation]. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra rossiiskoi akademii nauk* [Proceedings of the RAS Ufa Scientific Centre], 2018, no. 3–6, pp. 80–82. (In Russian). DOI: 10.1040/2222-8349-2018-6-3-80-82
5. Rudenko O.V. Geneticheskie faktory, obuslovlivayushchie produktivnoe dolgoletie korov v buroi shvitskoi porode [Genetic factors influencing productive longevity of cows in brown Schwyz breed]. *Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [The

- Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy], 2017, no. 2 (51), pp. 22–28. (In Russian).
6. Eremin S.V., Rudenko O.V., Eremin A.P. Molochnaya produktivnost' i dolgoletie korov buroi shvitskoi porody [Milk yields and longevity of brown Schwyz cows]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Izvestia of Orenburg State Agrarian University], 2018, no. 2 (70), pp. 227–230. (In Russian).
 7. Kovalyuk N.V., Gyrnets E.A. Polimorfizm allelei gena LEP kak geneticheskie marker funktsional'nogo dolgoletiya krupnogo rogatogo skota airshirskoi porody [Polymorphism of LEP gene allele as a genetic marker of functional longevity of Ayrshire cattle]. *Universum: Khimiya i biologiya: ehlektron. nauchn. zhurnal* [Universum: Chemistry and Biology: Electronic Scientific Journal], 2016, no. 6 (24), pp. 3. URL: <http://7Universum.com/ru/nature/archive/item/3257>. (In Russian).
 8. Trufanov V.G., Seregin A.S., Glotova G.N. Produktivnoe dolgoletie kholmogorskoj porody raznykh genotipov po kappa-kazeinu [Productive longevity of different kappa-casein genotypes Kholmogorskaya breed cows]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrarnotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev], 2010, no. 3 (7), pp. 18–20. (In Russian).
 9. Krytsina T.I., Kochnev N.N., Golubeva E.B., Aitnazarov R.B., Goncharenko G.M., Yudin N.S. Assotsiatsiya polimorfizma – 824 A/G gena faktora nekroza opukholi s pokazatelyami rosta telyat krasnoj stepnoi porody [Association of polymorphism – 824 A/G of the gene of tumor necrosis factor with growth indices of calves of red steppe breed]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University], 2014, no. 3 (33), pp. 71–75. (In Russian).
 10. Lyukhanov M.P., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Sebezhenko O. I. Issledovanie odnonukleotidnogo polimorfizma SNPs po genu TNF R1 u krupnogo rogatogo skota cherno-pestrogo porody v Zapadnoi Sibiri v svyazi s molochnoi produktivnost'yu [Study of single-nucleotide polymorphism (SNP) on the gene TNFR1 of Black-and-White breed cattle in Western Siberia in relation to milk yield]. *Zootekhnika* [Zootechnika], 2015, no. 3, pp. 2–3. (In Russian).
 11. Goncharenko G.M., Goryacheva T.S., Medvedeva N.S., Grishina N.B., Akulich E.G., Kononenko E.V. Polimorfizm gena k-kazeina i syrodel'cheskie priznaki moloka korov simmental'skoi porody [Polymorphism of the k-casein gene and cheese-making characters of milk of cattle of Simmental breed]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2013, no. 10, pp. 45–46. (In Russian).
 12. Goncharenko G.M., Grishina N.B., Plakhina O.V., Gerasimchuk L.D., Bambukh V.I., Pankov E.A., Pankov S.A. Vliyanie golshtinizatsii simmental'skoi porody na izmenenie polimorfizma genov CSN3, BLG i ikh svyaz' s produktivnost'yu i syroprigodnost'yu [Effect of the crossing of Simmental with Holstein on changing polymorphisms in genes CSN3 and BLG and their relationship to productivity and fitness of milk for cheese making]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 4, pp. 44–53. (In Russian).
 13. Goncharenko G.M., Grishina N.B., Plakhina O.V., Bekseitov T.K. Polimorfizm gena CSN3 simmental'skoi porody skota raznykh ehkologo-geograficheskikh zon i svyaz' genotipov s produktivnost'yu [Polymorphism in the gene CSN3 in Simmental cattle from different eco-geographical zones and relationship between genotype and productivity]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 6, pp. 47–53. (In Russian).
 14. Valitov F.R. Polimorfizm gena PRL v populyatsiyakh krupnogo rogatogo skota planovykh porod Respubliki Bashkortostan [PRL gene polymorphism in populations of cattle for breed improvement in Bashkortostan Republic]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Bashkir State Agrarian University], 2018, no. 2, pp. 61–66. (In Russian). DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-61-66
 15. Novikov D.V., Kalashnikova L.A., Began M.A. Polimorfizm genov molochnykh belkov u korov golshtinskoi porody v usloviyakh Ryazanskoi oblasti [Polymorphism of genes of dairy proteins with cows of Holstein breed in Ryazan region]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva* [Herald of Ryazan State Agrotechnological University named after

- P.A. Kostychev], 2014, no. 2(22), pp. 12–15. (In Russian).
16. Akhmetov T.M., Tyul'kin S.V., Valiulina E.H.F. Molochnaya produktivnost' korov s raznymi genotipami beta-laktoglobulina [Milk production of cows with different combination genotypes of kappa-casein and beta-lactoglobulin]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman* [Scientific Notes of Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman], 2011, vol. 207, pp. 51–57. (In Russian).
17. Fedotova N.V., Lozovaya G.S. Polimorfizm beta-laktoglobulina i otsenka molochnoi produktivnosti cherno-pestrykh korov raznykh genotipov [Beta-lactoglobulin polymorphism and evaluation of milk production of Black-and-White cows of different genotypes]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricul-

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Магер С.Н., доктор биологических наук, профессор, руководитель Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства

✉ **Гончаренко Г.М.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Гришина Н.Б., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Хорошилова Т.С., научный сотрудник

Герасимчук Л.Д., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Шишкина М.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Халина О.Л., младший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

Mager S.N., Doctor of Science in Biology, Professor, Head of Siberian Research and Design Institute of Animal Husbandry

✉ **Goncharenko G.M.**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Grishina N.B., Candidate of Science in Biology, Senior Researcher

Khoroshilova T.S., Researcher

Gerasimchuk L.D., Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Shishkina M.A., Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Khalina O.L., Junior Researcher

*Дата поступления статьи 17.06.2019
Received by the editors 17.06.2019*

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК РАЗНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Колчев А.Г.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Для цитирования: Колчев А.Г. Продуктивность коров-первотелок разной линейной принадлежности // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 58–64. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-7

For citation: Kolchev A.G. Produktivnost' korov-pervotelok raznoi lineinoi prinadlezhnosti [Productivity of first-calf cows of different sire lines]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 58–64. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-7

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Представлены результаты изучения молочной продуктивности и показателей процесса молоковыведения коров-первотелок. Эксперимент проведен в 2018 г. на голштинизированных животных черно-пестрой породы линий быков канадской селекции Вис Айдиал 1013415 и Рефлексн Соверинг 198998 в Новосибирской области. Исследованы 64 коровы в течение 305 дней лактации. Контроль молочной продуктивности, интенсивности молокоотдачи, содержания жира и белка проводили ежемесячно. Материалы исследований проанализированы по группам коров в зависимости от линейной принадлежности и продуктивности по разовому и суточному удою, содержанию жира и белка, динамике молоковыведения за первые 3 мин доения. Наибольший суточный удой коров обеих линий отмечен на 2-й месяц лактации. На 4-м и 5-м месяцах лактации средний суточный удой коров линии Рефлексн Соверинг достоверно выше ($p < 0,001$), чем у их сверстниц линии Вис Айдиал, на 1,3 кг. За период лактации продуктивность коров линий Вис Айдиал и Рефлексн Соверинг имела практически одинаковые показатели: удой – 8296 и 8220 кг, содержание жира – 4,02 и 4,06%, белка – 3,36 и 3,35% и интенсивность молокоотдачи – 2,70 и 2,78 кг/мин соответственно. На 2-м и 3-м месяцах лактации у коров обеих линий показатели содержания жира, белка и интенсивности молокоотдачи снизились, на 4-м и 5-м месяцах лактации постепенно повысились. Коровы-первотелки черно-пестрой породы канадской селекции разной линейной принадлежности показали высокий уровень молочной продуктивности и

PRODUCTIVITY OF FIRST-CALF COWS OF DIFFERENT SIRE LINES

Kolchev A.G.

Siberian Federal Scientific Centre
of Agro-BioTechnologies of the Russian
Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The results of the study of milk productivity and lactation rates of first-calf cows are presented. The research into first-calf cows of black-and-white Holstein breed, belonging to sire lines of Wis Ideal 1013415 and Reflection Sovereign 198998 was conducted in 2018 in Novosibirsk region. The number of cows under study was 64, the period of the study covered 305 days of lactation. Monitoring of milk production, milk flow intensity, fat and protein content was carried out monthly. The research materials were analyzed for groups of cows depending on their sire line and productivity for single and daily milk yield, fat and protein content, and dynamics of milk ejection for the first 3 minutes of milking. The highest daily milk yield in both lines was observed in the second month of lactation. In the fourth and fifth months of lactation, the average daily milk yield of Reflection Sovereign cows was significantly higher ($p < 0.001$) than that of their peers of the Vis Ideal line, by 1.3 kg. During the lactation period, the productivity of the Vis Ideal and Reflection Sovereign cows was almost the same: milk yield – 8296 and 8220 kg, fat content – 4.02 and 4.06%, protein – 3.36 and 3.35% and milk flow intensity – 2.70 and 2.78 kg/min, respectively. In the second and third months of lactation, cows of both lines had a decrease in the content of fat, protein and intensity of milk flow with a gradual increase in these indices in the fourth and fifth months of lactation. First-calf cows of the black-and-white breed of Canadian selection of different sire lines

могут быть использованы для дальнейшей селекционной работы.

Ключевые слова: коровы-первотелки, молочная продуктивность, содержание жира и белка, интенсивность молокоотдачи, линии быков

ВВЕДЕНИЕ

Один из основных факторов интенсификации молочного скотоводства в современных условиях – целенаправленная племенная работа с районированными породами скота. Эффективным методом совершенствования районированных пород является разведение по линиям, которые во многом определяют экономику производства молока, обеспечивают количественный и качественный рост стада [1–7].

Для получения высокой молочной продуктивности необходимы следующие условия: высокий генетический потенциал молочности, полноценное кормление и качественное доение. Машинное доение коров, как заключительный этап процесса производства молока, оказывает существенное влияние на продуктивность и состояние здоровья животных, качество молока.

Исследования интенсивности молоковыведения представляют интерес при создании биологически обоснованных условий эксплуатации высокопродуктивных коров. Это наследуемый и обязательный признак в селекционной программе. До недавнего времени его включали в комплексную оценку (10 баллов из 100) племенных животных. Но верхняя оцениваемая граница интенсивности молоковыведения составляла всего 2 кг/мин. Однако на практике довольно часто встречаются особи, выведение молока у которых превышает этот параметр в 2 раза и более [8].

showed a high level of milk productivity and proved to be suitable for further breeding work.

Keywords: first-calf cows, milk productivity, fat and protein content, milk flow intensity, sire lines

Интенсивность молоковыведения – важный признак для современных высокопродуктивных стад. Многие исследователи отмечают, что с увеличением удоя коров у них повышается интенсивность молоковыведения. Отбор коров с высокой интенсивностью молоковыведения важен не только для уменьшения производственных затрат. Сокращение времени воздействия вакуума на вымя способствует профилактике мастита у телок.

Известно, что при нормальных условиях кормления и содержания коров их удои (по усредненным данным) ежегодно повышаются примерно до 6-й лактации¹. В соответствии с удоями изменяется и средняя интенсивность молоковыведения. Так, в популяции коров бурой латвийской породы средняя интенсивность молоковыведения возросла от 1,26 кг/мин у первотелок до 1,63 кг/мин у коров трех отелов и старше, то есть на 30%^{2,3} [9].

Цель исследований – изучить молочную продуктивность и показатели процесса молоковыведения у коров-первотелок разной линейной принадлежности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в 2018 г. в хозяйстве «Элитное» Новосибирской области. Объектом исследований являлись коровы-первотелки голштинизированной черно-пестрой породы линий быков Вис Айдиал 1013415 и Рефлексн Соверинг 198998. В линии быков Вис Айдиал 1013415 представлены быки

¹Назарова Е.В. Прогнозирование производства молока на ферме и удоев коров // Донская аграрная науч.-практ. конф. «Инновационные пути развития агропромышленного комплекса: задачи и перспективы»: Международный сборник научных трудов // Высокоэффективные технологии и технические средства в сельском хозяйстве. ФГБОУ ВПО АЧГАА. Зеленоград, 2012. С. 222–231.

²Зеленукин А.З. Продуктивные и биологические качества черно-пестрого скота при разной кратности доения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Дубровицы, 2011. 139 с.

³Латышева О.В. Влияние генетических и паратипических факторов на молочную продуктивность голштинской породы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Караваево, Костромская обл., 2017. 125 с.

Гранки 9812 Вис Айдиал, Карнавал 3375 Вис Айдиал, Даусон 2579 Вис Айдиал, а в линии Рефлекшн Соверинг 198998 – быки Идуал 2727 Рефлекшн Соверинг и Клэй 3583 Рефлекшн Соверинг. Исследования проведены на 64 животных в течение 305 дней лактации. Доеение коров проводили на установке «Молокопровод» доильными аппаратами фирмы «ДеЛаваль» с изменяемой пульсацией. Материалы исследований проанализированы по группам коров в зависимости от линейной принадлежности и продуктивности по разовому и суточному удою, содержанию жира и белка, динамике молоковыведения за первые 3 мин доения.

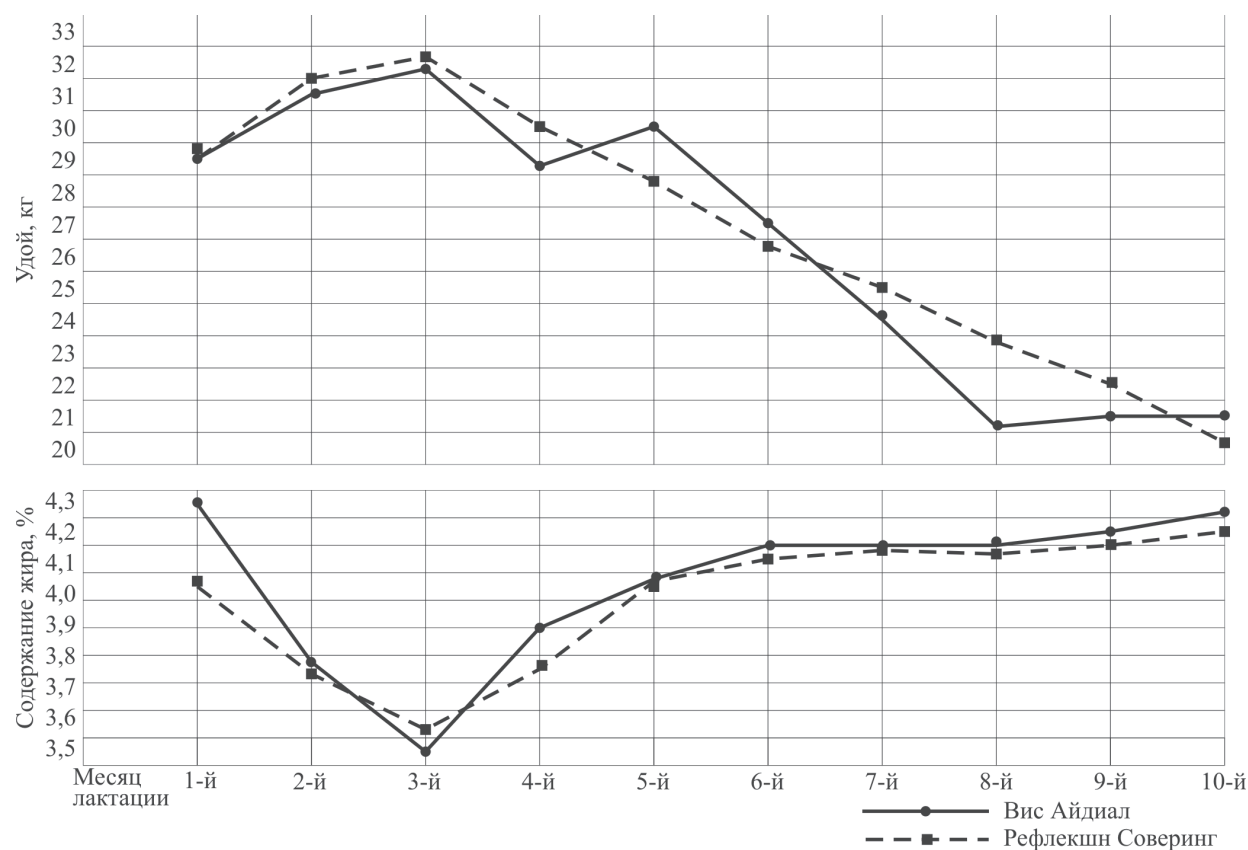
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследований молочной продуктивности коров-первотелок линий Вис Айдиал 1013415 и Рефлекшн Соверинг 198998 за 305 дней лактации максимальный суточный удой (32,5 и 32,1 кг соответ-

ственно) отмечен на 3-м месяце лактации (см. табл. 1). С 3-го месяца лактации начинается постепенное снижение среднего суточного удою, и к 5-му месяцу продуктивность понизилась до уровня 1-го месяца лактации. На 10-м месяце лактации средний суточный удой снизился до 20,4 и 21,5 кг молока.

Наибольшее содержание жира и белка у животных обеих линий отмечено в 1-й месяц лактации. При повышении удою на 2-м и 3-м месяцах после отела происходит снижение содержания как жира, так и белка. Постепенное повышение содержания жира и белка начинается с 4-го месяца после отела и продолжается до конца лактации.

Анализ лактационной кривой коров-первотелок обеих линий показывает, что максимальный суточный удой и минимальное содержание жира и белка отмечено в 3-й месяц лактации. Затем при снижении продуктивности происходит постепенное повышение содержания жира и белка до первоначального уровня (см. рисунок).



Лактационная кривая коров-первотелок
Lactation curve of first-calf cows

Табл. 1. Динамика среднесуточного удоя по месяцам лактации у коров первого отела разной линейной принадлежности
Table 1. The dynamics of the average daily milk yield by months of lactation in cows of the first calving of different sire lines

Показатель	Месяц лактации									
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й	8-й	9-й	10-й
<i>Вис Айдиал 1013415</i>										
Среднесуточный удой, кг	29,5 ± 0,24	31,9 ± 0,29	32,5 ± 0,23	30,4 ± 0,34	28,9 ± 0,21	26,9 ± 0,28	25,3 ± 0,25	23,9 ± 0,28	22,3 ± 0,26	20,4 ± 0,27
Содержание жира, %	4,06 ± 0,061	3,71 ± 0,044	3,52 ± 0,053	3,76 ± 0,070	4,07 ± 0,062	4,15 ± 0,068	4,18 ± 0,059	4,16 ± 0,091	4,20 ± 0,098	4,24 ± 0,083
Содержание белка, %	3,27 ± 0,027	3,20 ± 0,033	3,15 ± 0,042	3,31 ± 0,018	3,31 ± 0,021	3,44 ± 0,020	3,35 ± 0,016	3,51 ± 0,032	3,48 ± 0,024	3,45 ± 0,026
<i>Рефлектин Соверинг 198998</i>										
Среднесуточный удой, кг	29,6 ± 0,23	31,7 ± 0,25	32,1 ± 0,28	29,1 ± 0,28	30,2 ± 0,24	27,2 ± 0,32	24,7 ± 0,22	21,0 ± 0,27	21,4 ± 0,25	21,5 ± 0,27
Содержание жира, %	4,34 ± 0,065	3,74 ± 0,045	3,49 ± 0,054	3,90 ± 0,026	4,07 ± 0,076	4,16 ± 0,061	4,17 ± 0,069	4,20 ± 0,057	4,21 ± 0,111	4,27 ± 0,094
Содержание белка, %	3,24 ± 0,024	3,18 ± 0,031	3,16 ± 0,039	3,29 ± 0,024	3,34 ± 0,028	3,38 ± 0,027	3,40 ± 0,022	3,47 ± 0,036	3,53 ± 0,028	3,50 ± 0,029

Табл. 2. Молочная продуктивность и показатели молоковыведения у коров-первотелок за 305 дней лактации**Table 2.** Milk productivity and lactation rates in first-calf cows for 305 days of lactation

Показатель	Линия	
	Вис Айдиал 1013415	Рефлекшн Соверинг 198998
Число коров	34	30
Молочная продуктивность за лактацию, кг	8296 ± 122,4	8220 ± 146,3
Среднее содержание жира в молоке, %	4,02 ± 0,041	4,06 ± 0,065
Количество молочного жира, кг	333,5 ± 4,14	333,7 ± 4,22
Содержание белка, %	3,36 ± 0,031	3,35 ± 0,029
Количество белка, кг	278,7 ± 3,12	275,4 ± 3,31
Интенсивность молокоотдачи, кг/мин	2,70 ± 0,151	2,78 ± 0,128
Степень выдоенности молока, %:		
за 1-ю минуту	32,6	30,9
за 2 мин	64,8	62,9
за 3 мин	84,4	83,0
Ручной додой, мл	101 ± 7,4	108 ± 6,8

Следует отметить, что у коров линии Рефлекшн Соверинг лактационная кривая имеет ступенчатую линию: резкое снижение продуктивности сменяется дальнейшим повышением на протяжении всей лактации.

По данным исследований молочной продуктивности коров-первотелок за 305 дней лактации от животных линии Вис Айдиал 1013415 получено 8296 кг молока, что на 66 кг больше, чем от коров линии Рефлекшн Соверинг 198998. Однако разница по молочной продуктивности статистически недостоверна при $p > 0,05$ (см. табл. 2).

Показатели молоковыведения у коров обеих линий не имеют существенных различий. Вместе с тем отмечена тенденция к увеличению содержания жира, интенсивности молокоотдачи у коров линии Рефлекшн Соверинг по сравнению с коровами линии Вис Айдиал. Следует отметить, что при изучении степени выдоенности коров обеих линий за 1-ю и 2-ю минуту доения максимальная интенсивность молокоотдачи достигала 5 кг/мин. За первые 3 мин доения степень выдоенности коров обеих линий достигала 83,0–84,4%. Это свидетельствует о полно-

ценной реализации рефлекса молокоотдачи, что подтверждается небольшой величиной ручного додая (101–108 мл).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Животные линий Вис Айдиал 1013415 и Рефлекшн Соверинг 198998 имеют практически одинаковые показатели: удой – 8296 и 8220 кг, содержание жира – 4,02 и 4,06%, белка – 3,36 и 3,35 % и интенсивность молокоотдачи – 2,70 и 2,78 кг/мин соответственно. Проведенный анализ молочной продуктивности коров не позволил выявить превосходящую линию. Коровы-первотелки черно-пестрой породы канадской селекции различной линейной принадлежности имеют высокий уровень молочной продуктивности и могут быть использованы для дальнейшей селекционной работы со стадом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сакса Е.А. Высокопродуктивный молочный тип – ленинградский // Главный зоотехник. 2004. № 5. С. 6–7.
2. Горлов И.Ф., Сивков А.И., Ранделин А.В. Хозяйственно полезные признаки черно-

- пестрого скота поволжского типа в зависимости от генотипа // Зоотехния. 2005. № 11. С. 23–25.
3. Дедов М.Д., Сивкин И.В. Разведение по линиям в молочном скотоводстве // Зоотехния. 2006. № 4. С. 2–4.
 4. Карнаухов Ю. Продуктивность коров чернопестрой породы и ее голштинизированных помесей // Молочное и мясное скотоводство. 2012. № 5. С. 6–8.
 5. Ляшенко В.В., Ситникова И.В. Молочная продуктивность и качество молока голштинизированных коров-первотелок разной селекции // Зоотехния. 2013. № 9.
 6. Абрамова Н.И., Власова Г.С., Хромова О.Л., Богорадова Л.Н., Федорова Е.А. Совершенствование генеалогической структуры популяции крупного рогатого скота чернопестрой породы племенных хозяйств Вологодской области // Зоотехния. 2016. № 6. С. 2–4.
 7. Босонов О.А., Колесникова А.В. Влияние генотипа голштинских быков-производителей различной селекции на продуктивные показатели черно-пестрого скота // Зоотехния. 2016. № 5. С. 2–3.
 8. Абылкасымов Д., Чаргенишвили С.В., Журавлёва Н.Е., Сударев Н.П. Анализ показателей продуктивности коров лучшего молочного стада России // Молодой ученый. 2015. № 8.3. С. 1–4.
 9. Журавлёва Н.Г., Сударев Н.П. Характеристика продуктивности коров лучшего молочного стада Тверской области // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 2. С. 12–14.
 3. Dedov M.D., Sivkin I.V. Razvedenie po liniyam v molochnom skotovodstve [Line breeding in dairy livestock breeding]. *Zootekhniya* [Journal Zootechniya], 2006, no. 4, pp. 2–4. (In Russian).
 4. Karnaukhov Yu. Produktivnost' korov chernopestroi porody i ee golshintinizirovannykh pomesei [Efficiency of black - motley breed cows and their hybrids with Holstein]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2012, no. 5, pp. 6–8. (In Russian).
 5. Lyashenko V.V., Sitnikova I.V. Molochnaya produktivnost' i kachestvo moloka golshintinizirovannykh korov-pervotelok raznoi selektsii [Milk productivity and milk quality of Holstein cow-heifers of different selection]. *Zootekhniya* [Journal Zootechniya], 2013, no. 9, pp. 18–20. (In Russian).
 6. Abramova N.I., Vlasova G.S., Khromova O.L., Bogoradova L.N., Fedorova E.A. Sovershenstvovanie genealogicheskoi struktury populyatsii krupnogo rogatogo skota chernopestroi porody plemennykh khozyaistv Vologodskoi oblasti [Improvement of genealogical structure of the population of Black-and-White breed cattle of pedigree farms of the Vologda region]. *Zootekhniya* [Journal Zootechniya], 2016, no. 6, pp. 2–4. (In Russian).
 7. Bosonov O.A., Kolesnikova A.V. Vliyanie genotipa golstinskikh bykov-proizvoditelei razlichnoi selektsii na produktivnye pokazateli cherno-pestrogo skota [Effect of genotype of Holstein stud bulls of various selection on productive performance of Black-and-White cattle]. *Zootekhniya* [Journal Zootechniya], 2016, no. 5, pp. 2–3. (In Russian).
 8. Abylkasymov D., Chargenshveli S.V., Zhuravleva N.E., Sudarev N.P. Analiz pokazatelei produktivnosti korov luchshego molochnogo stada Rossii [Analysis of productivity indicators of cows of the best dairy herd of Russia]. *Molodoi uchenyi* [Young scientist], 2015, no. 8, pp. 1–4. (In Russian).
 9. Zhuravleva N.G., Sudarev N.P. Kharakteristika produktivnosti korov luchshego molochnogo stada Tverskoi oblasti [Characteristics of cow performance in the best milk cow herd in Tver region]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* [Dairy and Beef Cattle Farming], 2016, no. 2, pp. 12–14. (In Russian).
- ## REFERENCES
1. Saksa E.A. Vysokoproduktivnyi molochnyi tip – leningradskii [Highly productive milk type – Leningradskiy]. *Glavnyi zootekhnik* [Glavnyi Zootekhnik], 2004, no. 5, pp. 6–7. (In Russian).
 2. Gorlov I.F., Sivkov A.I., Randelin A.V. Khozyaistvenno poleznye priznaki cherno-pestrogo skota povolzhskogo tipa v zavisimosti ot genotipa [Economically useful traits of black-and-white cattle of the Volga type depending on genotype]. *Zootekhniya* [Journal Zootechniya], 2005, no. 11, pp. 23–25. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

(✉) **Колчев А.Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibnptij@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

(✉) **Kolchev A.G.**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibnptij@ngs.ru

Дата поступления статьи 10.06.2019

Received by the editors 10.06.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-8

УДК: 631.1:004.04

АРХИТЕКТУРА И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ АГРАРНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

¹Каличкин В.К., ¹Корякин Р.А., ^{1,2}Куценогой П.К.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук»
Новосибирск, Россия

Для цитирования: Каличкин В.К., Корякин Р.А., Куценогой П.К. Архитектура и принципы работы аграрной интеллектуальной системы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 65–75. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-8

For citation: Kalichkin V.K., Koryakin R.A., Kutsenogiy P. K. Arkhitektura i printsipy raboty agrarnoi intellektual'noi sistemy [Architecture and principles of work of agrarian intelligent system]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 65–75. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-8

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Предложена архитектура аграрной интеллектуальной системы, которая положена в основу самообучающейся системы поддержки принятия управленческих решений. Система призвана учитывать все этапы предварительного анализа – от формулировки сельскохозяйственной задачи до выдачи аналитической справки, прогноза или рекомендации. На основе генерируемых системой знаний человек, даже не имеющий специального образования в области сельского хозяйства, может принять адекватное управленческое решение. Система состоит из следующего набора модулей и блоков: пространства сельскохозяйственных задач, пространства источников данных, хранилища данных, журналов, пространства моделей, пространства документации поддержки принятия решений, задачи (как элемента пространства), формализации данных пользователя, формирования массива входных данных для применения модели, выходных данных моделей, показателей, моделей, обращения к журналам, отбора данных, активного контура

ARCHITECTURE AND PRINCIPLES OF WORK OF AGRARIAN INTELLIGENT SYSTEM

¹Kalichkin V.K.,

¹Koryakin R.A., ^{1,2} Kutsenogiy P.K.

¹ Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Federal Research Center Institute of Cytology and Genetics of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

The architecture of an agrarian intelligent system is proposed, which forms the basis for a self-learning management decision support system. The system is designed to cover all stages of the preliminary analysis – from the agricultural problem formulation to the provision of an analytical report, forecast or recommendation. Based on the knowledge generated by the system, a person who does not even have a special education in agriculture can make an adequate managerial decision. The system consists of the following set of modules and blocks: the space of agricultural tasks, the space of data sources, data storage, journals, the space of models, the documentation space of decision support, the task (as an element of space), formalization of user data, formation of an input data array for applying

аграрной интеллектуальной системы, узлов аграрной интеллектуальной системы. Данная система в перспективе сможет автоматизировать управление сельскохозяйственными процессами в рамках подхода, обозначаемого как «Умное сельское хозяйство» (Smart Farming). Предложено также в дополнение к известным моделям (имитационным, оптимизационным и другим) использовать концепцию агентного моделирования, на которой основаны многие современные зарубежные системы предиктивных технологий в области сельского хозяйства. Гибкость системы позволяет адаптировать ее для решения самого широкого круга задач сельскохозяйственных товаропроизводителей в зависимости от производственной специализации предприятия, природно-климатических условий ведения сельскохозяйственной деятельности, выбора возделываемых культур и уровня интенсификации агротехнологий. Система построена максимально гибко и широко, чтобы адаптироваться к различным запросам, в том числе и тем, которые могут возникнуть в будущем, но еще не сформулированы в настоящее время.

Ключевые слова: интеллектуальная система, имитационное моделирование, хранилище данных, поддержка принятия решений, сельское хозяйство

ВВЕДЕНИЕ

Умное сельское хозяйство (Smart Farming) – это стиль управления, который включает в себя мониторинг, планирование и контроль сельскохозяйственных объектов и процессов. Данный стиль управления требует использования широкого спектра программных и аппаратных систем от разных разработчиков и поставщиков. В управлении сельскохозяйственным производством в России расширяется сфера применения информационных технологий, осуществляются попытки создания интегрированных систем цифровизации для реализации интеллектуального сельского хозяйства. Пока это ограничивается системами параллельного вождения, мониторингом техники, со-

the model, the model output data, indicators, models, the access to journals, data selection, the active circuit of the agrarian intelligent system, nodes of the agrarian intelligent system. In the future this system will be able to automate the management of agricultural processes within the framework of the approach referred to as “Smart farming”. It is also proposed to use, in addition to the well-known models (imitation, optimization, and others), the concept of agent modeling, on which many modern foreign systems of predictive technologies in agriculture are based. The flexibility of the system allows one to adapt it in order to solve the widest range of agricultural producer problems depending on the enterprise production specialization, climatic conditions of agricultural activities, the choice of cultivated crops and the level of intensification of agricultural technologies. The system is built as flexible and wide as possible in order to adapt to various requests, including those that may arise in the future, but have not yet been formulated at present.

Keywords: intelligent system, simulation, data, data storage, decision support, agriculture

зданием цифровых карт полей с помощью ГИС, аэро- и космического мониторинга агроценозов, применением роботов различного назначения и др. Однако цифровизация сельского хозяйства не стала массовой и комплексной. Внедрение интеллектуального сельского хозяйства затруднено также из-за плохой функциональной совместимости различных компонентов информационных систем и связей между ними, что препятствует интеграции.

Нам представляется, что такие виды моделирования, как оптимизационное, имитационное и другие отдельных объектов и процессов в настоящее время уже недостаточны, что отмечается и зарубежными учеными [1–3]. Это требует разработки новых

концептуальных подходов и инструментов для обработки сельскохозяйственной информации, в основу которой должна быть положена растущая база знаний о процессах сельскохозяйственных систем. На западе этот новый подход назван NextGen [1]. Для решения данной проблемы используется так называемая экосистема программного обеспечения (Software Ecosystem). В настоящее время данные системы становятся все более распространенными, поскольку считается, что именно они обеспечивают эффективный способ создания больших систем на основе программной платформы путем объединения компонентов, разработанных участниками, входящими в различные организации [4–7].

Для создания интеллектуальных информационных систем необходимым этапом является концептуализация предметной области (ПО) и разработка общих принципов работы интеллектуальной системы, основанной на знаниях. Под концептуальным моделированием понимается моделирование сущностей ПО, их концептуальных структур, характерных соотношений между ними и их поведения в ПО [8]. По существу, концептуальная модель (КМ) представляет собой структуру знаний о ПО, являющихся необходимой предпосылкой правильного проектирования интеллектуальной системы. В процессе концептуального моделирования выявляют, анализируют и описывают релевантные его целям понятия ПО и связи между ними [9, 10].

Цель исследования – разработка архитектуры аграрной интеллектуальной системы, учитывающая все многообразие значимых данных и описываемых процессов.

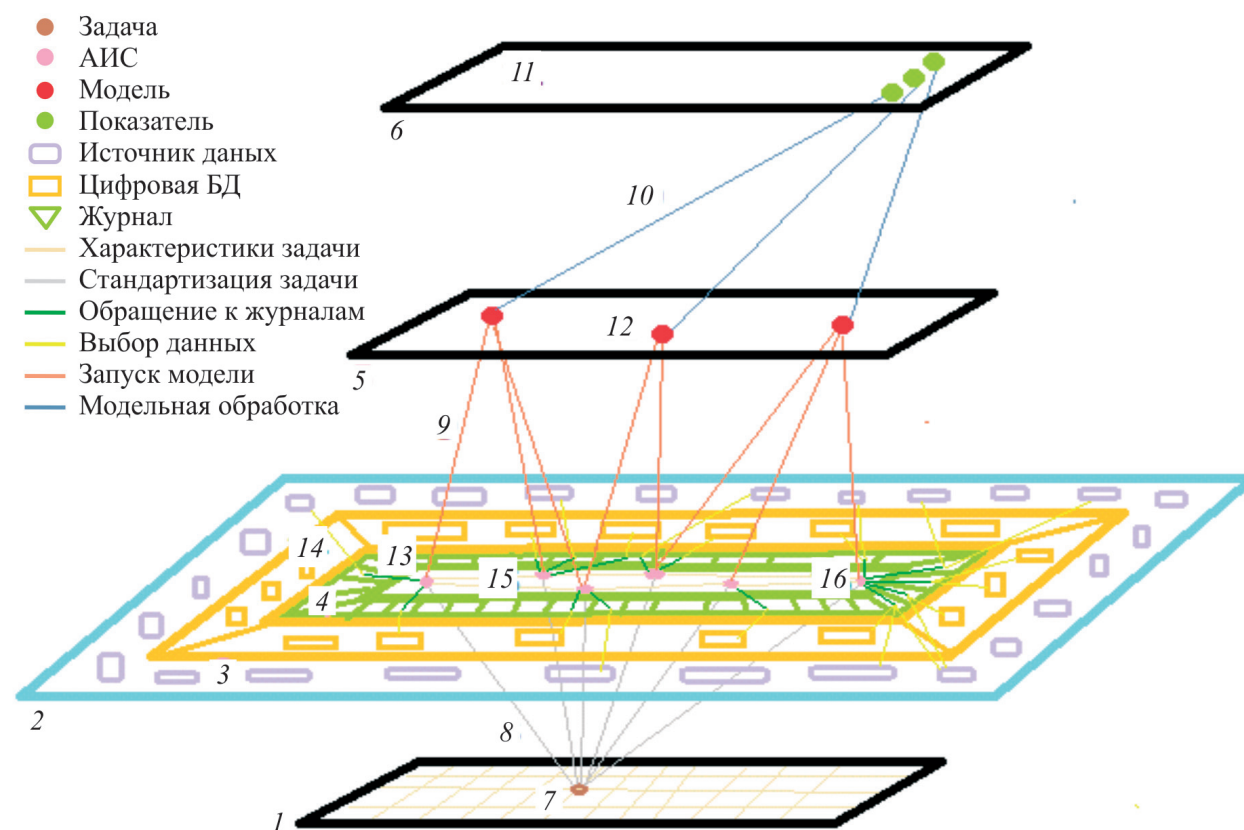
Данная архитектура в идеале должна позволять конструировать гибкие интеллектуальные системы, позволяющие переходить к комплексным прогнозам сельскохозяйственной деятельности и давать релевантные рекомендации лицам, ответственным за принятие решений на агропредприятии.

Профиль сельскохозяйственных предприятий может кардинально отличаться как в зависимости от географической локализации и, как следствие, климатических условий, так и в зависимости от продуктовой специализации. В связи с этим система должна быть достаточно гибкой, настраиваемой, однако учитывать все возможное многообразие применимых подходов и инструментов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для аграрной интеллектуальной системы, которая положена в основу самообучения системы поддержки принятия решений, на рисунке продемонстрирована архитектура, призванная учитывать все этапы предварительного анализа: от формулировки сельскохозяйственной задачи до выдачи аналитической справки, на основе которой не имеющий специального образования человек может принимать решение, руководствуясь только здравым смыслом. Компоненты архитектуры изображены как элементы блоков и связаны между собой концептуальной моделью системы в виде схемы для разработки конкретных требований. Такое представление материала применяется для отображения информационной архитектуры системы (например, [11]). Нотация обозначений приведена на рисунке, цифрами отмечены 16 ключевых элементов, которые рассмотрены ниже.

Пространство сельскохозяйственных задач (1). Нижняя плоскость на рисунке с коричневым кружком – задачей (7) внутри. Сетка в плоскости демонстрирует наличие в этом пространстве некоторой топологии. Для разработки топологии требуется концептуальное и онтологическое моделирование ПО. Результаты такого моделирования могут быть представлены по-разному, поэтому необходимо наращивание объема концептуализированных и онтологизированных знаний по определенному алгоритму в конкретном направлении. На данный момент выбрано три таких направления: выбор и



Архитектура аграрной интеллектуальной системы
Architecture of agrarian intelligent system

размещение культур на определенной территории, агроэкологическая оценка земель и выбор агротехнологий.

Пространство источников данных (2). Каждый конкретный источник обозначен прямоугольником фиолетового цвета с закругленными углами. Речь идет об источниках нетривиальных данных, которые где-то и кем-то собраны или собираются на регулярной основе. Однако нет ясности, как именно их оцифровать и перевести в понятный для интерпретации вид. На данный момент выделено 13 групп таких источников и начато их описание.

Хранилище данных (3), или пространство баз оцифрованных данных. Это данные, которые находятся в хранилище данных и прикреплены к аграрной интеллектуальной системе в виде, в котором их можно использовать для различных математических, ста-

тистических и прочих расчетов. Не представляется рациональным брать данные из источников (2) и переводить их в понятный формат ради того, чтобы они просто были в хранилище данных. Данные и так есть в источниках (2). Забирать и обрабатывать их оттуда (автоматизация этого процесса для каждого источника – не всегда простая задача) имеет смысл по запросу, основанному на условиях задачи (1, 7). Если для решения задачи понадобились данные из внешних источников (2), то лишь эти данные можно перевести в оцифрованный формат и поместить в хранилище. Выглядеть это будет в виде присоединения некоторого массива данных к уже существующей в хранилище (возможно, пустой) базе данных. При этом во внешнем источнике продолжают накапливаться данные, поэтому он тоже не исчезает, а остается в пространстве (2).

Журналы (4) – способ хранения информации об источниках внешних данных (3) и базах оцифрованных данных (4). Журналы разбиты по темам, соответствующим структуре пространства сельскохозяйственных задач (1). При этом в каждый журнал не только может попасть (14) несколько источников данных (2) или баз данных (3), но и каждый источник данных (2) или база данных (3) может попасть (14) в несколько журналов. Через журналы с помощью специального языка запросов аграрная интеллектуальная система взаимодействует с хранилищем данных.

Пространство моделей (5). Вторая сверху плоскость с тремя красными кружками – моделями (12) – внутри. Модели – это средства обработки данных, дающие результаты, по которым можно судить о связанной с задачей ситуации и принимать решения. Без моделей не обойтись, ведь даже подсчет среднего арифметического некоторого ряда исходных данных уже является моделью, не говоря уже о сравнении рядов статистическими и математическими методами. Моделей придумано много, и каждая из них может сработать в определенный момент в определенных условиях, а может и не сработать. Модели, разработанные отдельными лабораториями и учеными, могли бы быть сервисными элементами аграрной интеллектуальной системы, выступая в качестве черных ящиков. В них отправляются специально структурированные входные данные (структурирование входных данных (9) – отдельная и трудоемкая работа, выполняемая прежде всего в интересах авторов моделей), из которых получают показатели (11), имеющие ту или иную ценность.

Пространство документации поддержки принятия решений (6). Верхняя плоскость с тремя кружками – показателями (11) – внутри. В результате обработки соответствующих задаче (1, 7) данных (15), собранных из хранилища (3) и из внешних источников (2),

моделями (5, 12), получены результирующие показатели (11), по значениям которых в автоматическом режиме составляются документы: справки, отчеты, аналитические записки, статистические отчеты, рекомендации и др. При выборе моделей в пространстве (5), отборе (14) источников данных (2) и оцифрованных баз данных (3) через систему журналов (4, 13) необходимо четко понимать условия конкретной задачи и цель использования аграрной интеллектуальной системы. Утилитарная задача – всегда документ с цифрами и их краткой, ориентирующей в пространстве выбора интерпретацией. Формат таких документов, следовательно, должен быть известен заранее.

Задача (7) – элемент пространства (1). Формализация понятия «задача» для всех пользователей аграрной интеллектуальной системы необходима для оптимизации структуры журналов (4), корректной работы используемого контура аграрной интеллектуальной системы (15) и ее отдельных узлов (16). Именно эти компоненты отвечают за выбор данных (13, 14), необходимых для корректного и полного формирования входа (9) моделей (5, 12) и отображения в документах (6) необходимых фактических или прогнозных показателей (11), связанных с задачей.

Предполагается 8 групп пользователей аграрной интеллектуальной системы. Для них составлен рейтингованный список свойств и функций аграрной интеллектуальной системы, на основе которого планируется концептуализировать пространство задач для каждой группы пользователей. Начата концептуализация пространства сельскохозяйственных задач для группы пользователей «Агрохозяйства». Кроме того, выделена задача «Выбор и размещение культуры» с ее подзадачами «Оценка соответствия требований культур свойствам территории». В рамках модели управления агротехнологиями рассматривается задача «Управление

процессом возделывания культуры» с подзадачей «Пространство состояний и поля выбора».

Формализация данных пользователя (8). Серые линии, идущие от коричневого кружка, – задачи (7) – к розовым кружкам – узлам аграрной интеллектуальной системы (16). Даже точная идентификация в пространстве (1) задачи (7) не отменяет разнородности и разноформатности получаемых от пользователя аграрной интеллектуальной системы данных. Эти данные необходимо формализовать и оцифровать так, чтобы при стыковке с отобранными (14) через систему журналов (4, 13) данными внешних источников (2) и оцифрованных баз данных (3) в узлах (16) и контурах (15) аграрной интеллектуальной системы корректно формировались фрагменты входных массивов данных (9) для моделей (5, 12).

Данный этап обработки данных пользователя тесно связан с задачей (7). В связи с этим осуществляется этап «докомплектация данных». Необходимо разработать сценарии работы с данными на этом этапе, которые реализуются в процессе разработки тестовой модели движения информации в аграрной интеллектуальной системе. С другой стороны к этому же вопросу осуществляется подход в рамках задачи расчета ресурсных затрат на отдельные операции работы аграрной интеллектуальной системы и ее операторов.

Формирование массива входных данных для применения модели (9). Оранжевые тонкие линии, идущие от розовых кружков – узлов интеллектуальной системы (16) – к красным кружкам – моделям (12). В основном на вход моделям поставляются экспертные или справочные данные, часто неполные или устаревшие, т.е. фрагментарно связанные с источниками данных (2). Медленное получение необходимой и полной входной информации – основной недостаток каждой конкретной модели (12) и одновременно

интерес группы пользователей «модельные сервисы», о которых кратко было сказано в (5). Пространство массивов входных данных зависит от используемых аграрной интеллектуальной системой моделей (5), и его концептуализация должна проводиться с оглядкой на группы пользователей системы и группы связанных с ними сельскохозяйственных задач, о чем шла речь в (7).

Выходные данные моделей (10). Темно-голубые тонкие линии, идущие от красных кружков – моделей (12) – к светло-зеленым кружкам – показателям (11). Существующие модели (12) из пространства моделей (5) выдают некоторые наборы данных, но не все из них нужны в пространстве документов (6) в качестве показателей для принятия решений. Сформировать минимально необходимый комплект показателей для того, чтобы иметь возможность достаточно полно судить обо всех стадиях процесса возделывания сельскохозяйственной культуры (а впоследствии, на следующем этапе развития аграрной интеллектуальной системы, и осуществлять имитационное моделирование этого процесса).

Показатели (11). Светло-зеленые кружки на плоскости документов (6). Формируются обработкой выходных данных моделей (10) и размещением их в заданных местах документа из пространства (6). Фрагменты множества показателей получены при упомянутой в (1) концептуализации ПО «выбор и размещение культур».

Модели (12). Красные кружки на плоскости моделей (5). Отдельные элементы пространства (5). Нужны для преобразования фрагментов данных, формируемых (14) в контурах (15) и узлах (16) аграрной интеллектуальной системы на основании взаимодействия через журналы (4, 13) с источниками данных (2) и базами оцифрованных данных (3), в демонстрируемых в агроконсалтинговых документах (6) показатели (11). Как уже упоминалось в (5), на данный

момент приняты к встраиванию в аграрную интеллектуальную систему (3) модели: «кармановская» [12, 13], «рожковская» [14] и «южаковская»¹. Исследование и встраивание этих моделей в аграрную интеллектуальную систему необходимо проводить на основании характеризующих конкретную задачу (7) из пространства (1) показателей (11).

Обращение к журналу (13). Изображено на рисунке в виде тонких зеленых линий. Происходит в момент, когда нужно совместить, состыковать данные пользователя (8) с данными входа моделей (9) с учетом неизвестных пользователю, но доступных аграрной интеллектуальной системе данных внешних источников (2) и баз оцифрованных данных (3). Таким образом, через обращение к журналу происходит совмещение одновременно четырех ключевых компонентов аграрной интеллектуальной системы: (2), (3), (7) и (12). Вследствие этого работа над структурой журналов приобретает стратегическое значение. Состав и структура журналов (4), их связи с источниками данных (2) и базами оцифрованных данных (3) могут существенно облегчить взаимодействие аграрной интеллектуальной системы с хранилищем данных при правильной их реализации или серьезно ее усложнить при неправильной.

Отбор данных (14). Изображен на рисунке в виде тонких желтых линий. Осуществляется через систему журналов (4) путем обращения к одному или нескольким журналам (13) для выделения из источников данных (2) и баз оцифрованных данных (3) тех фрагментов данных, которые, с одной стороны, соответствуют задаче (7), с другой – предоставленным пользователем аграрной интеллектуальной системы данным (8), с третьей – входным данным (9) моделей (12), с четвертой, независимо от пространства моделей (5), – являются необходимым и достаточным объемом данных для выдачи

адекватных и достоверных показателей (11) в документах пространства (6). Ключевой блок аграрной интеллектуальной системы.

Активный контур аграрной интеллектуальной системы (15). Изображен на рисунке как фигура из линий, соединяющих розовые кружки в пространстве, расположенном с внутренней стороны блока журналов. Идея активного контура – отобразить подмножество пространства задач (1) в множество отобранных (14) через журналы (4) данных, т.е. каждой задаче (7) представителя одной из 8 групп пользователей аграрной интеллектуальной системы должен соответствовать свой активный контур, который отбирает (14) очерченную область пространства задач (1) набор связанных с задачей (7) данных. Каждый активный контур моделирует в аграрной интеллектуальной системе так называемого агента – наблюдателя за одними и теми же данными при решении одних и тех же задач в течение длительных периодов времени. Предложена идея использовать концепцию понятия «агент», известную в агентном моделировании. Многие современные зарубежные системы предиктивных технологий в области сельского хозяйства основаны именно на таком агентном подходе [15, 16]: отбираются (экспертно или статистически) данные для наблюдения, моделируется многолетнее наблюдение за этими данными, многолетние временные ряды наблюдаемых данных обрабатываются математически, результат обработки сравнивается с реальными данными. Недостаток подхода использования одного агента в том, что используется экспертное мнение только одного наблюдателя. Поэтому была выдвинута идея разделять агентов на биоценозные, или внутренние (зерно, растение), и внешние (агроном, биотехнолог, фермер). В связи с этим возникает научная задача кооперативизации пространства агентов.

¹Южаков А.И., Добротворская Н.И. Система экспертной оценки сравнительной продуктивности почв // Тез. докл. II съезда об-ва почвоведов (27–30 июня 1996 г., Санкт-Петербург). Кн. 2. СПб., 1996. С. 247–249.

Узлы аграрной интеллектуальной системы (16). Обозначены розовыми кружками в пространстве, расположенном с внутренней стороны блока журналов (4). Составная часть активного контура (15). Моделирует источники наблюдения агента. Агент наблюдает в течение длительного времени за несколькими источниками данных. Эти временные ряды формируют его «интуицию», на основе которой он и принимает решение. Каждый узел может входить как составная часть в несколько активных контуров (15), так же как и каждый активный контур (15) может содержать несколько узлов. В математике понятие «интуиция» формализовано терминами «узнаваемость» и «различимость» в парадигме суперинтуиционистской логики, выросшей в научной школе А.Н. Колмогорова [17] и разработанной основоположником сибирской школы алгебры и логики А.И. Мальцевым [18] и его учениками [19–21]. Необходимо отметить, что структура активных контуров (15) и узлов (16) независима от структуры журналов (4), т.е. каждый узел может обращаться (13) к нескольким журналам (4) и несколько узлов могут обращаться (14) к одному журналу (4), что показано на иллюстрации зелеными тонкими линиями. На данный момент понятие агента как активного контура аграрной интеллектуальной системы (15) не формализовано. Эта задача отнесена к следующему этапу исследования, следовательно, и узлы аграрной интеллектуальной системы как составные части контуров отдельно не рассматриваются. Независимость от структуры журналов (4) позволит в будущем смоделировать агентов как множества составленных в активные контуры (15) узлов и встроить в работу аграрной интеллектуальной системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная архитектура аграрной интеллектуальной системы покрывает все возможные сценарии ее применения, однако

эффективность имплементации в значительной степени зависит от полноты и ценности экспертной информации, закладываемой в основу топологии онтологических моделей. Решающую роль играют экспертные знания, их представление в концептуализированном виде, в основе которого лежит идея анализа и проектирования конструкции моделей не только ПО, но и самих баз знаний в виде системы инвариантных конструкторов – моделей и задания метода их интеграции в некоторую единую понятийную структуру². Такая система создана в лаборатории предиктивных агротехнологий с использованием методов искусственного интеллекта СФНЦА РАН и в настоящее время используется для формализации любого вида данных, информации и знаний, связанных с сельским хозяйством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Antle J.M., Basso B., Conant R.T., Charles H., Godfray J., Jones J.W., Herrero M., Howitt R.E., Keating B.A., Munoz-Carpena R., Rosenzweig C., Tittonell P., Wheeler T.R. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Design and improvement // *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 155. P. 255–268. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.10.002.
2. Janssen S.J.C., Porter C.H., Moore A.D., Athanasiadis I.N., Foster I., Jones J.W., Antle J.M. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology // *Agricultural Systems*. 2017. Vol. 155. P. 200–212. DOI: 10.1016/j.agsy.2016.09.017.
3. Ditzler L., Klerkx L., Chan-Dentoni J., Posthumus H., Krupnik T.J., Ridaura S.L., Andersson J.A., Baudron F., Groot J.C.J. Affordances of agricultural systems analysis tools: A review and framework to enhance tool design and implementation // *Agricultural Systems*. 2018. Vol. 164. P. 20–30. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.03.006.

²Болотова Л.С., Мороз Ю.В., Смирнов С.С., Смольянинова В.А. Метод ситуационного анализа и проектирования модели предметной области произвольной природы // Теоретические вопросы вычислительной техники и программного обеспечения: межвуз. сб. науч. тр. М.: МГТУ МИРЭА, 2011. С. 5–26.

4. Bosch J. From software product lines to software ecosystems // Proceedings of the 13th international software product line conference. Carnegie Mellon University, 2009. P. 111–119.
5. Te Molder J., van Lier B., Jansen S. Clopenness of Systems: The Interwoven Nature of Ecosystems // IWSECO@ ICSOB. 2011. P. 52–64. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-746/IWSECO2011-5-MolderLierJansen.pdf>.
6. Manikas K., Hansen K.M. Software ecosystems—A systematic literature review // Journal of Systems and Software. 2013. Vol. 86. N 5. P. 1294–1306. DOI: 10.1016/j.jss.2012.12.026
7. Kruize J.W., Wolfert J., Scholten H., Verdouw C.N., Kassahun A., Beulens A.J.M. A reference architecture for Farm Software Ecosystems // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 125. P. 12–28. DOI: 10.1016/j.compag.2016.04.011.
8. Козаловский М.Р., Калиниченко Л.А. Концептуальное и онтологическое моделирование в информационных системах // Программирование. 2009. № 5. С. 3–25.
9. Палагин А.В., Петренко Н.Г. Системно-онтологический анализ предметной области // УСиМ. 2009. № 4. С. 3–14.
10. Сорокин А.Б. Концептуальное проектирование интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Онтология проектирования. 2017. Т. 7. № 3 (25). С. 247–269. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269.
11. Surensen C.G., Fountas S., Nash E., Pesonen L., Bochtis D., Pedersen S.M., Basso B., Blackmore S.B. Conceptual model of a future farm management information system // Computers and electronics in agriculture. 2010. Vol. 72. N 1. P. 37–47. DOI: 10.1016/j.compag.2010.02.003.
12. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Алгоритм оценки продуктивности почвенно-агроэкологических условий возделывания сельскохозяйственных культур // Плодородие. 2007. № 5. С. 37–40.
13. Карманов И.И., Булгаков Д.С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра: монография. М.: Издательство «АПР», 2012. 121 с.
14. Рожков В.А. Опыт разработки национальной системы оценки земель // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2014. Вып. 76. С. 33–51.
15. Le Q.B., Seidl R., Scholz R.W. Feedback loops and types of adaptation in the modelling of land-use decisions in an agent-based simulation // Environmental Modelling & Software. 2012. Vol. 27. C. 83–96. DOI: 10.1016/j.envsoft.2011.09.002
16. Groeneveld J., Möller B., Buchmann C.M., Dressler G., Guo C., Hase N., Hoffmann F., John F., Klassert C., Lauf T., Liebelt V., Nolzen H., Pannicke N., Schulze J., Weise H., Schwarz N. Theoretical foundations of human decision-making in agent-based land use models – A review // Environmental modelling & software. 2017. Vol. 87. P. 39–48. DOI: 10.1016/j.envsoft.2016.10.008.
17. Колмогоров А.Н. Избранные труды. Математика и механика. М.: Наука, 1985. С. 393–404.
18. Мальцев А.И. Алгебраические системы. – М.: Наука, 1970. 392 с.
19. Лавров И.А., Максимова Л.Л. Задачи по теории множеств, математической логике и теории алгоритмов: монография. М.: Физматлит, 2002. 256 с.
20. Мардаев С.И. О числе предлокально-табличных суперинтуиционистских пропозициональных логик // Algebra i Logika. 1984. Т. 23. № 1. С. 74–87.
21. Максимова Л.Л., Юн В.Ф. Узнаваемость в предгейтинговых и стройных логиках // Сибирские электронные математические известия. 2019. Т. 16. С. 427–434. DOI: <https://doi.org/10.33048/semi.2019.16.024>.

REFERENCES

1. Antle J.M., Basso B., Conant R.T., Charles H., Godfray J., Jones J.W., Herrero M., Howitt R.E., Keating B.A., Munoz-Carpena R., Rosenzweig C., Tittonell P., Wheeler T.R. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Design and improvement. *Agricultural Systems*, 2017, vol. 155, pp. 255–268. DOI: 10.1016/j.agry.2016.10.002.
2. Janssen S.J.C., Porter C.H., Moore A.D., Athanasiadis I.N., Foster I., Jones J.W., Antle J.M. Towards a new generation of agricultural system data, models and knowledge products: Information and communication technology. *Agricultural Systems*, 2017, vol. 155, pp. 200–212. DOI: 10.1016/j.agry.2016.09.017.
3. Ditzler L., Klerkx L., Chan-Dentoni J., Posthumus H., Krupnik T.J., Ridaura S.L., Andersson J.A., Baudron F., Groot J.C.J. Affordances of agricultural systems analysis tools: A review and framework to enhance tool design

- and implementation. *Agricultural Systems*, 2018, vol. 164, pp. 20–30. DOI: 10.1016/j.agsy.2018.03.006.
4. Bosch J. From software product lines to software ecosystems. Proceedings of the 13th international software product line conference. *Carnegie Mellon University*, 2009, pp. 111–119.
 5. J. Te Molder J., van Lier B., Jansen S. Cloppeness of Systems: The Interwoven Nature of Ecosystems. *IWSECO@ ICSOB*, 2011, pp. 52–64. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-746/IWSECO2011-5-MolderLierJansen.pdf>.
 6. Manikas K., Hansen K.M. Software ecosystems – A systematic literature review. *Journal of Systems and Software*, 2013, vol. 86, no. 5, pp. 1294–1306. DOI: 10.1016/j.jss.2012.12.026
 7. Kruize J. W., Wolfert J., Scholten H., Verdouw C.N., Kassahun A., Beulens A.J.M. A reference architecture for Farm Software Ecosystems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, vol. 125, pp. 12–28. DOI: 10.1016/j.compag.2016.04.011.
 8. Kogalovskii M.R., Kalinichenko L.A. Kontseptual'noe i ontologicheskoe modelirovanie v informatsionnykh sistemakh [Conceptual and ontological modeling in information systems]. *Programmirovaniye* [Programming], 2009, no. 5, pp. 3–25. (In Russian).
 9. Palagin A.V., Petrenko N.G. Sistemno-ontologicheskii analiz predmetnoi oblasti [System-ontological analysis of the subject area]. *USiM* [USiM], 2009, no. 4, pp. 3–14. (In Russian).
 10. Sorokin A.B. Kontseptual'noe proektirovanie intellektual'nykh sistem podderzhki prinyatiya [Conceptual design of intelligent decision support system]. *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of designing], 2017, vol. 7, no. 3 (25), pp. 247–269. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-3-247-269. (In Russian).
 11. Sørensen C.G., Fountas S., Nash E., Persson L., Bochtis D., Pedersen S.M., Basso B., Blackmore S.B. Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and electronics in agriculture*, 2010, vol. 72, no. 1, pp. 37–47. DOI:10.1016/j.compag.2010.02.003.
 12. Karmanov I.I., Bulgakov D.S. Algoritm otsenki produktivnosti pochvenno-agroekologicheskikh uslovii vozdel'yvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Algorithm for assessing the productivity of soil-agro-ecological conditions for the cultivation of crops]. *Plodorodie* [The Journal Plodorodie], 2007, no. 5, pp. 37–40. (In Russian).
 13. Karmanov I.I., Bulgakov D.S. *Metodika pochvenno-agroklimaticheskoi otsenki pakhotnykh zemel' dlya kadastra* [Methodology of soil and agroclimatic assessment of arable land for the cadastre]. M.: APR Publ., 2012. 121 p. (In Russian).
 14. Rozhkov V.A. Opyt razrabotki natsional'noi sistemy otsenki zemel' [Experience in elaborating the national system for estimating the land suitability]. *Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva* [Dokuchaev Soil Bulletin], 2014, Vyp. 76, pp. 33–51. (In Russian).
 15. Le Q.B., Seidl R., Scholz R.W. Feedback loops and types of adaptation in the modeling of land-use decisions in an agent-based simulation. *Environmental Modelling & Software*, 2012, vol. 27, pp. 83–96. DOI: 10.1016/j.envsoft.2011.09.002.
 16. Groeneveld J., Müller B., Buchmann C.M., Dressler G., Guo C., Hase N., Hoffmann F., John F., Klassert C., Lauf T., Liebelt V., Nolzen H., Pannicke N., Schulze J., Weise H., Schwarz N. Theoretical foundations of human decision-making in agent-based land use models – A review. *Environmental modelling & software*, 2017, vol. 87, pp. 39–48. DOI: 10.1016/j.envsoft.2016.10.008.
 17. Kolmogorov A.N. *Izbrannyye trudy. Matematika i mekhanika* [Selected Works. Mathematics and Mechanics]. M.: Nauka Publ., 1985, pp. 393–404. (In Russian).
 18. Mal'tsev A.I. *Algebraicheskie sistemy* [Algebraic Systems]. M.: Nauka Publ., 1970, 392 p. (In Russian).
 19. Lavrov I.A., Maksimova L.L. *Zadachi po teorii mnozhestv, matematicheskoi logike i teorii algoritmov* [Problems in set theory, mathematical logic and theory of algorithms]. M.: Fizmatli Publ., 2002, 256 p. (In Russian).
 20. Mardaev S.I. O chisle predlokal'no-tablichnykh superintuitionistskikh propozitsional'nykh logik [On the number of prelocal-tabular superintuitionistic propositional logics]. *Algebra i Logika* [Algebra and Logics], 1984, vol. 23, no. 1, pp. 74–87. (In Russian).
 21. Maksimova L.L., Yun V.F. Uznavaemost' v predgeitingovykh i stroinykh logikakh [Recognizability in pre-Heiting and well-formed logics]. *Sibirskie elektronnye matematicheskie izvestiya* [Siberian Electronic Mathematical Reports], 2019, vol. 16, pp. 427–434. DOI: <https://doi.org/10.33048/semi.2019.16.024>. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** 630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск, а/я 463; e-mail: kvk@ngs.ru

Корякин Р.А., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник; e-mail: romank@nsk.ru

Куценогий П.К., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: peter@kutsenogiy.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kalichkin V.K.**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: kvk@ngs.ru

Koryakin R.A., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Senior Researcher; e-mail: romank@nsk.ru

Kutsenogiy P.K., Candidate of Science in Physics and Mathematics, Lead Researcher; e-mail: peter@kutsenogiy.ru

*Дата поступления статьи 20.04.2019
Received by the editors 20.04.2019*



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-9

УДК: 631.354.2 (083.131)

ТЕНДЕНЦИИ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ КЛАССИФИКАЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Чепурин Г.Е.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Для цитирования: Чепурин Г.Е. Тенденции и целесообразность классификации зерноуборочных комбайнов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49, № 4. С. 76–85. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-9

For citation: Chepurin G.E. Tendentsii i tselesoobraznost' klassifikatsii zernouborochnykh kombainov [Trends and expediency of classification of combine harvesters]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 76–85. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-9

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Представлены результаты анализа применяемых систем классификации зерноуборочных комбайнов в бывшем СССР, Российской Федерации и в странах СНГ, а также в США и Аргентине. Показана целесообразность применения систем в зависимости от цели при разработке комбайнов, рекламе, организации их производства и эксплуатации в различных природно-климатических, производственных условиях. Классификация по конструктивным, энергетическим параметрам необходима при разработке новых комбайнов. Однако она не раскрывает потенциальные функциональные возможности комбайнов и эффективность их работы в конкретных зональных условиях при значительных колебаниях урожайности, влажности, соломистости и иных физико-механических свойств убираемых культур. В РФ и в странах СНГ зерноуборочные комбайны классифицируют по паспортной способности. Она характеризуется величиной фактической подачи хлебной массы в килограммах в секунду в молотилку комбайна при потерях зерна 1,5% на обмолоте зерновых прямым способом

TRENDS AND EXPEDIENCY OF CLASSIFICATION OF COMBINE HARVESTERS

Chepurin G.E.

*Siberian Federal Scientific Centre
of AgroBioTechnologies
of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia*

The work presents the results of the analysis of combine harvesters' classification systems applied in the former USSR, the Russian Federation and the CIS countries, as well as in the USA and Argentina. The expediency of their application is shown depending on the purpose of combines, advertising, organizing their production and operation in various climatic and industrial conditions. Classification by structural and energy parameters is necessary when developing new combines. However, it does not reveal the potential functionality of combines and the efficiency of their work in specific zonal conditions with significant fluctuations in yield, moisture, straw content and other physical and mechanical properties of harvested crops. In Russia and the CIS countries, combine harvesters are classified according to their nominal throughput specified in the passport. It is characterized by the value of the actual supply of grain bulk in kilograms per second to the combine thresher with a grain loss of 1.5% whereby grain is threshed in the direct way with standard yield and specified moisture and straw content. Previously, the standard in the USSR

с нормативной урожайностью, нормированной влажностью и соломистостью. Ранее стандартом в СССР предусматривалось проводить испытания на участках с урожайностью не менее 4 т/га. В некоторых зонах из-за низкой урожайности зерновых не представлялось возможности индизировать условия сравнительных испытаний. Стандартами РФ предусмотрено проводить сравнительные испытания комбайнов при обмолоте зерновых с урожайностью, характерной для зоны. Это также противоречит принципам идентичности условий сравнительных испытаний. Для разрешения этой актуальной научной проблемы нужны разработки альтернативных, менее трудоемких способов сравнительных испытаний комбайнов при определении их паспортной способности, рекомендуемой Министерством сельского хозяйства РФ. При этом необходимо допускать недоиспользование паспортной способности комбайна не более 10%. Перегрузка молотилки не допускается, поскольку приводит к значительным потерям зерна при обмолоте.

Ключевые слова: технология уборки, паспортная пропускная способность, система классификации зерноуборочных комбайнов

Необходимость классификации зерноуборочных комбайнов определяется целями, которые возникают на различных этапах организации производства и эксплуатации комбайнов, а также рекламы их привлекательности и целесообразности использования в различных природно-климатических и производственных условиях. Единой системы классификации зерноуборочных комбайнов в мировом комбайнировании нет. Например, в США отсутствует единый стандарт распределения их по классам¹. До 1978 г. в США комбайны подразделялись на пять классов по производительности, мощности двигателя и ширине молотилки. С 2004 г. в США используются системой классификации только по мощности двигателя зерноуборочного комбайна [1]. Аналогичная система классифика-

stipulated that testing should be carried out in areas with the yield of at least 4 t/ha. In some areas, due to a low grain yield, it was not possible to indicate the conditions of comparative tests. The standards of the Russian Federation provide for comparative testing of combines during grain threshing with a yield characteristic of the zone. This contradicts the principles of the identity of comparative test conditions. To solve this urgent scientific problem, it is necessary to develop alternative, less labor-intensive methods for comparative testing of combines in determining their nominal throughput recommended by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation. At the same time, it is necessary to allow underutilization of the nominal throughput of the harvester of no more than 10%. Overloading the thresher is not allowed, since it leads to significant grain losses during threshing.

Keywords: harvesting technology, nominal throughput, classification system of combine harvesters

ции зерноуборочных комбайнов по мощности двигателя принята в Аргентине.

Разработчиками системы классификации комбайнов отмечается, что при отнесении комбайна к определенному классу могут учитываться и другие факторы: объем бункера, вид привода ходовой части комбайна (механической или гидростатической) [1].

В СССР применяли, как и в настоящее время в РФ и в странах СНГ, классификацию комбайнов по номинальной (паспортной) пропускной способности. В соответствии с источниками² [2] машиноиспытательные станции (МИС) проводят испытания комбайнов при обмолоте зерновых культур на участке с прямым стеблестоем, влажностью зерна 10–18%, незерновой частью 10–20% и отношением зерна к соломе 1 : 1,5, уклоном

¹Повышение технического уровня зерноуборочных комбайнов (анализ конструкции зарубежных зерноуборочных комбайнов): обзорная информация / Ю.Н. Ярмашев и др. М.: ЦНИИТЭЦ тракторсельхозмаш, 1981. 54 с.

²Гольяпин В.Я. Анализ пропускной способности зерноуборочных комбайнов и основных показателей, определяющих ее величину: аналитическая справка (обзор). М.: Росинформагротех, 2002. 22 с.

поля не более 2%. По результатам испытаний строят график изменений, общих потерь зерна за молотилкой комбайна от фактической подачи хлебной массы. За паспортную (номинальную) принимают пропускную способность в килограммах в секунду, соответствующую потерям зерна за молотилкой комбайна 1,5%. По данной величине устанавливают класс зерноуборочного комбайна.

На этапе проектирования комбайнов их пропускную способность рассчитывают, используя выражения, учитывающие конструктивные параметры рабочих органов комбайна, мощность двигателя, ширину молотилки, удельную мощность на единицу пропускной способности, объем бункера и другие факторы [2–6]. Предлагаемая классификация по конструктивным параметрам представляется достаточно простой и удобной. Однако она не характеризует потенциальные функциональные возможности комбайнов и эффективность их работы в производственных условиях эксплуатации.

Многие зарубежные фирмы в рекламных целях (согласно стандарту ASAE американского общества сельскохозяйственных инженеров) указывают за единицу актива зерноуборочных комбайнов любого класса на молот зерна за один час их полезной работы. При этом исходная емкость актива нормирована на уровне 3000 ч чистой работы. За это время комбайн должен полностью перенести свою стоимость на стоимость продукции. В России идеология стандартов ASAE реализована в методике часовых эксплуатационных затрат, предложенной специалистами Поволжской МИС [7]. Однако такой подход имеет существенный недостаток, поскольку не учитывает рациональную степень загрузки молотилки комбайна при обмолоте зерновых культур.

Основными факторами, определяющими фактическую производительность комбайна, являются урожайность зерна и соломы; состояние урожая зерновых культур

по влажности, засоренности, полегливости и другое; скорость движения комбайна; ширина захвата хедеров или валковых жаток; размеры полей, их рельеф и конфигурация; квалификация механизаторских кадров; организация уборочных работ; рациональное сочетание раздельной и прямой уборки зерновых, наличие необходимого шлейфа хедеров и валковых жаток в хозяйствах.

Степень загрузки молотилки комбайна определяется как отношение фактической подачи хлебной массы (q_{ϕ}), поступающей в молотилку комбайна, к его паспортной способности (q_0). В соответствии с «Системой критериев качества и эффективности сельскохозяйственной техники»³, изданной Министерством сельского хозяйства РФ, допускается недоиспользование паспортной способности комбайна не более 10%. Перегрузка молотилки комбайна не допускается, так как приводит к значительным потерям зерна.

В настоящее время на рынок РФ поступают отечественные и зарубежные комбайны пропускной способностью от 3 до 14 кг/с, поэтому при обосновании класса комбайна по пропускной способности для конкретных условий необходимо учитывать:

- фактическую реализуемость паспортных данных в реальных условиях эксплуатации;
- соответствие класса комбайна требованиям сельхозтоваропроизводителей с учетом зональных особенностей;
- наличие гарантированной эффективности применения;
- конкурентоспособность нового комбайна в сравнении с аналогами, т.е. по критериям «цена – производительность», «цена – качество», «цена – стоимость техсервиса», которые должны обеспечивать прибыль сельхозтоваропроизводителю.

Характерная особенность уборки зерновых в Сибири – значительные колебания урожайности не только по природно-клима-

³Система критериев качества, надежности, экономической эффективности сельскохозяйственной техники. М.: Росинформагротех, 2010.

тическим зонам, регионам, административным районам, предприятиям, но и по полям в пределах хозяйств. В результате анализа динамики урожайности зерновых культур в основных зернопроизводящих регионах Сибирского федерального округа (СФО) установлено, что средняя урожайность зерновых культур находится в пределах 12–25 ц/га, наименьшая – в Алтайском крае, наибольшая – в Красноярском. Средняя урожайность по годам в регионах варьирует в пределах 13–25% [8].

Практически в каждом регионе есть районы, где средняя урожайность зерновых составляет 30–40 ц/га. Например, в Красноярском крае (Назаровский, Ужурский районы) она находилась в пределах 35–41 ц/га; в Новосибирской области в Ордынском районе – от 21 до 33 ц/га, в ЗАО «Верх-Ирмень» – 35–60 ц/га. При таких различиях в урожайности по регионам и районам, отдельным хозяйствам необходимо обеспечить условия для реализации потенциальных возможностей комбайна, т.е. паспортной пропускной способности, за счет соответствующего шлейфа хедеров или валковых жаток, имеющих соответствующую ширину захвата, а также допустимой скорости движения комбайна.

Основными показателями, интересующими потребителя, являются производительность и пропускная способность зерноуборочных комбайнов при регламентированном уровне потерь (обычно 1,5% за молотилкой комбайна при отношении массы зерна к массе соломы 1 : 1,5). Используя эти показатели, рассчитывают число необходимых комбайнов, продолжительность и экономическую эффективность уборки. Пропускная способность комбайнов определяется при испытаниях на машиноиспытательных станциях.

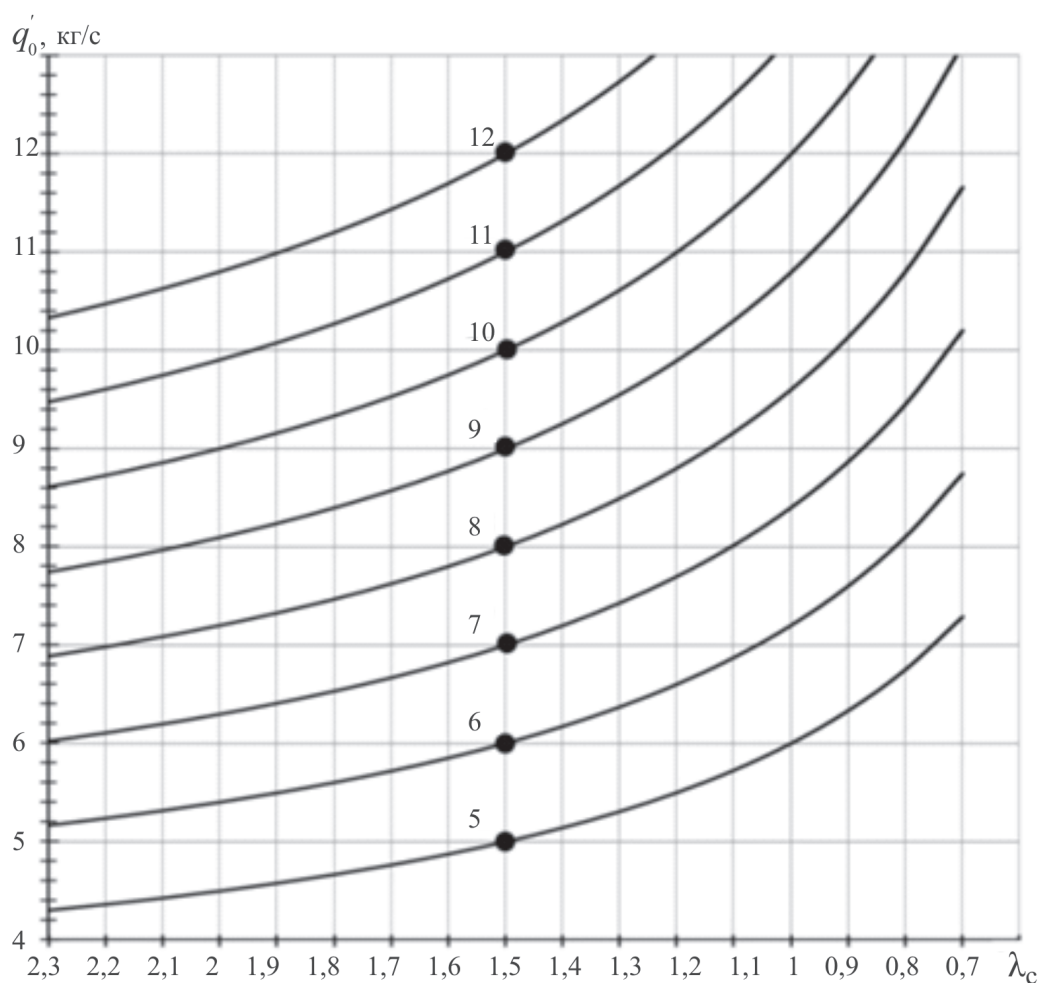
Однако, как было показано выше, соблюдение идентичности условий при испытаниях комбайнов, предусматриваемых стандартами в СССР, требует значительных затрат, а стандартами РФ рекомендуется проводить сравнительные испытания комбайнов на обмолоте зерновых с урожайностью, характерной для зоны, что также противоречит

принципу идентичности сравнительных испытаний. Например, в СССР стандартом 28301–89 предусматривалось проводить испытания комбайна на участке поля с прямым хлебоостом и урожайностью зерна свыше 4 т/га. Обеспечить аналогичные условия по отдельным природно-климатическим зонам практически невозможно, прежде всего, по урожайности зерна. Ширина допускаемого диапазона соломистости в хлебной массе в долевого отношении от 0,7 до 1,5 при испытании комбайнов заранее предусматривает неоднозначные результаты определения паспортной пропускной способности комбайнов, так как это противоречит физическому смыслу процесса обмолота и сепарации молотилки комбайна. Чем меньше соломистость, тем больше пропускная способность комбайна, так как процесс выделения зерна в молотилке комбайна включает две стадии: просев через ворох на соломотрясе, просеивание через отверстия решет очистки и соломотряса [9–12]. Эффективность его определяется структурой пространственной решетки вороха и разрыхленностью слоя на решетках и соломотрясе. В связи с этим фактическая паспортная пропускная способность (q'_0) существенно зависит от доли незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы (λ_c) и определяется по формуле

$$q'_0 = \frac{q_0 (1 + \lambda)}{1 + \lambda_c},$$

где q_0 – паспортная пропускная способность комбайна (кг/с) при отношении массы зерна (λ_z) к нормированной массе незерновой части (λ_c) в долях единицы 1 : 1,5 (λ_c), λ – фактическое отношение массы зерна к массе незерновой части в долях единицы.

На рисунке показаны закономерности изменения паспортной пропускной способности комбайнов класса от 5 до 12 кг/с. Допустимый уровень потерь за молотилкой комбайна 1,5% в зависимости от содержания незерновой части в составе обмолачиваемой хлебной массы в долях единицы от 2,3 до 0,7.



Изменение фактической пропускной способности комбайнов от содержания незерновой части в хлебной массе

Change in the actual throughput of combines due to the non-grain part content in the grain bulk

Расчеты показывают (см. табл. 1), что пропускная способность комбайнов любого класса классической схемы при изменении содержания соломы от 1,5 до 0,7 возрастает в 1,45 раза. При увеличении соломистости от нормативной до 2,3 пропускная способность уменьшается в 1,16 раза.

Выявленные закономерности изменения фактической пропускной способности комбайна от долевого содержания соломы в хлебной массы позволяют проводить испытания при обмолоте зерновых любой урожайности с четко фиксируемым долевым содержанием соломы и влажностью зерна и соломы, предусмотренными стандартами. На основании полученной фактической пропускной способности (q'_0) при фиксированной соломистости (λ_c) по формуле рассчиты-

вается нормированная пропускная способность, соответствующая соотношению зерна к соломе 1 : 1,5, по которой определяется класс зерна комбайна.

Необходимо проведение тщательной экспериментальной проверки на МИС в различных природно-климатических зонах России при испытании отечественных и зарубежных комбайнов с высокой пропускной способностью на обмолоте зерновых культур при различной урожайности. Особенно необходима такая проверка комбайнов при обмолоте зерновых культур малой и средней урожайности, при которых не обеспечивается номинальная загрузка молотилки комбайнов из-за ограничения допустимой скорости движения и ширины захвата хедеров. Испытания следует проводить в фазе полной спе-

Табл. 1. Изменение пропускной способности комбайнов в зависимости от содержания незерновой части в обмолачиваемой хлебной массе**Table 1.** Change in the throughput of combines due to the non-grain part content in the grain bulk

q'_0	Содержание незерновой части, доли ед.								
	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7
5	4,3	4,4	4,6	4,8	5	5,3	5,7	6,3	7,3
6	5,2	5,3	5,5	5,7	6	6,4	6,9	7,6	8,7
7	6,0	6,2	6,4	6,7	7	7,4	8,0	8,9	10,0
8	6,9	7,1	7,3	7,6	8	8,5	9,1	10,1	11,6
9	7,7	8,0	8,2	8,6	9	9,5	10,3	11,4	13,1
10	8,6	8,8	9,1	9,5	10	10,6	11,4	12,7	14,6
11	9,5	9,7	10,1	10,3	11	11,7	12,6	13,9	16,0
12	10,3	10,6	11,0	11,4	12	12,7	13,7	15,2	17,5

лости зерна, но не позднее 7 дней после ее наступления.

При положительных результатах проверки предлагаемого способа определения номинальной пропускной способности следует внести изменения в ГОСТ 28301–2015, в котором предусматривается проводить испытания в характерных для зоны условиях по урожайности, влажности, отношении зерна к соломе. В этом ГОСТе условия испытаний комбайнов взяты из «Стандарта отрасли, машины зерноуборочные», введенном в 2000 г. По данным условиям на МИС проводили сравнительные испытания зерноуборочных комбайнов, результаты которых опубликованы в источнике [13]. Формально претензий к результатам данных испытаний нет, поскольку они проведены в соответствии с действующим отраслевым стандартом России (см. табл. 2). Производительность и себестоимость рассчитаны для расчетной рабочей скорости 7,2 км/ч. Сравнивать показатели работы комбайнов, полученных при обмолоте зерновых в разных условиях, в данном случае нет оснований, тем более, что в каждой зоне фактическая загрузка комбайнов от паспортной изменяется от 25 до 51%. Это противоречит рекомендациям МСХ РФ (см. сноску 3), которыми допускается снижение загрузки от паспортной не более 10%. Кроме того, эксплуатационные затраты не учитывают дефицит трудовых

ресурсов при определении себестоимости при обмолоте зерновых на площади с равной урожайностью.

В СибИМЭ разработаны алгоритм и методика для определения фактической себестоимости зерна при обмолоте зерновых с конкретной площади, позволяющие при расчете себестоимости учитывать потребность в трудовых ресурсах и комбайнах [14].

Некоторые весьма компетентные исследователи [1] считают, что испытания по оценке пропускной способности комбайнов требуют значительных затрат, поэтому проводить классификацию нецелесообразно. Считаем такое мнение неприемлемым, так как паспортная пропускная способность комбайна – наиболее важный функциональный показатель, характеризующий эффективность проведения уборки зерновых культур. В связи с этим необходимо решить крайне актуальную научную задачу по совершенствованию способа испытания зерноуборочных комбайнов для их классификации по величине паспортной пропускной способности. Некоторые возможные предпосылки для разработки менее трудозатратной технологии определения паспортной пропускной способности комбайна изложены частично в данной статье.

Возможно, что в зонах, где высокая урожайность зерновых, оправдано рассчитывать пропускную способность по конструктивным или иным параметрам. Однако учиты-

Табл. 2. Экономическая характеристика комбайнов на обмолоте зерновых прямым способом [16]
Table 2. Economic characteristics of combines when threshing grain in the direct way [16]

Показатель	JDW540	New Holland CX 6090	JDW 650	Агроماش-Енисей КЗС 4141 С	Vektor 410	КЗС-812 GS-812	PCM-142 «AGROS-580»	JD 9670	JDS 660	КЗС-1218 Полевые GS-12
Пропускная способность, q_p , кг/с	9,8	12,6	12,1	8,42	7,7	7,8 (7,7)	10,5	10,12	11,22	12,8
Расход топлива, кг/ч	40,3	47,3	50,5	39,8	33,1	33,1	47,0	48,2	50,5	52,2
Ширина захвата, м	7,6; 9,1	7,3; 9,15	7,62; 9,15	7; 9	7; 9	6; 7; 9	7; 9	7,62; 9,15	7,6; 9,15	8; 9
Расчетная рабочая скорость, км/ч	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2
Регион испытаний	Омская	Омская	Омская	Омская	Самарская	Самарская	Курская	Курская	Курская	Курская
Урожайность, ц/га	14,2	14,2	24,0	15,5	16,0	16,0	30	30	30	30
Цена комбайна, тыс. р.	7428	8448	8739	3875	3788	3557	4898	10920	11476	4596
Фактическая подача, q_{ϕ} , кг/с*	2,5	2,5	4,3	2,1	2,15	2,15	5,2	5,2	5,5	5,2
Коэффициент загрузки комбайнов, η_3^*	0,25	0,2	0,35,	0,25	0,28	0,28	0,49	0,51	0,49	0,4
Эксплуатационная производительность:										
га/ч	3,84	3,69	3,84	3,02	3,02	3,02	3,53	3,84	3,84	3,53
т/ч	9,9	12,7	12,2	8,47	7,8	7,9	10,6	10,2	11,3	12,9
Себестоимость уборки:										
р./га;	1477,6	1754,9	1753,7	1086	1022	968	1143	2007	2117	1113
р./т	573,1	509,9	552	387	396	370	381	756	720	305
Урожайность зерновых для паспортной загрузки комбайна при скорости 7,2 км/ч, ц/га*	57	73	70	49	44,6	45	61	58,5	65	74

*Показатели, полученные СибИМЭ.

вая различную урожайность по отдельным зонам России (особенно в Сибирском регионе), для рационального использования потенциальных условий работы комбайна необходимо определить не только его паспортную пропускную способность, но и каким образом она может изменяться от условий уборки. В связи с этим для каждого комбайна должен быть разработан технологический паспорт, который позволит применительно к конкретному полю с учетом урожайности и других производственных усилий разработать операционную карту. Результаты исследования по указанному вопросу опубликованы в периодических журналах России [13, 15, 16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представленный материал характеризует применяемые системы классификации зерноуборочных комбайнов в СССР, РФ и в странах СНГ, США и Аргентине. Показана целесообразность их применения при разработке комбайнов, рекламы и эксплуатации, организации их производства в различных природно-климатических и производственных условиях.

2. Данная классификация комбайнов по конструктивным параметрам не характеризует потенциальные возможности комбайнов, а также эффективность их работы в конкретных условиях при значительных колебаниях урожайности зерновых культур не только по природно-климатическим зонам, регионам, административным районам, предприятиям, но и на полях в пределах хозяйств.

3. В СССР, затем в РФ и в странах СНГ зерноуборочные комбайны классифицируются по паспортной пропускной способности. В соответствии с действующими стандартами по результатам испытаний комбайнов на МИС за паспортную пропускную способность принимали фактическую подачу хлебной массы в молотилку комбайна (кг/с), соответствующую потерям зерна 1,5% при обмолоте зерновых прямым способом на участках с определенной уро-

жайностью зерновых культур, влажностью зерна, соломы. Обеспечить одинаковые условия испытаний комбайнов, проводимые в разных зонах, практически невозможно, поскольку в реальных условиях отдельных зональных МИС урожайность зерновых значительно ниже предусмотренной стандартами. В связи с этим новыми стандартами в РФ предусматривается проводить испытания в характерных для зон условиях по урожайности, влажности, отношении массы зерна к соломе, что противоречит принципам идентичности условий при сравнительных испытаниях комбайнов. На основании полученных результатов исследований предлагается совместно с испытателями МИС разработать альтернативный, менее трудозатратный способ определения паспортной пропускной способности комбайна.

4. Актуальность выполнения исследований по обоснованию альтернативного, менее трудоемкого способа определения паспортной пропускной способности подтверждается «Системой критериев качества и эффективности сельскохозяйственной техники», изданной МСХ РФ, которой допускается недоиспользование паспортной способности комбайна не более 10%; перегрузка молотилки не допускается, поскольку приводит к значительным потерям зерна.

5. При выборе наиболее эффективного комбайна, особенно в зонах с большей неравномерностью по урожайности, необходимо знать не только его паспортную способность, но и изменение ее в зависимости от условий уборки. В связи с этим для каждого комбайна должен быть разработан технологический паспорт, на основании которого применительно к условиям уборки на конкретном поле разрабатываются операционные карты, обеспечивающие возможность наиболее эффективного использования комбайнов на уборке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клочков А.В., Дюжеев А.А., Гусаров В.В. Зерноуборочные комбайны: этапы совершенствования, современное состояние, перспективы развития. Горки: БГСА, 2012. 109 с.

2. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов. М.: ВИМ, 2001. 106 с.
3. Жалнин Э.В., Баранов А.А., Сулейманов М. Среднестатистическая пропускная способность зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1997. № 8. С. 25–27.
4. Занько Н.Д. Методика оценки пропускной способности молотилки и определения класса зерноуборочного комбайна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 6. С. 26–28.
5. Занько Н.Д., Осипов Н.М. Оценка пропускной способности молотилки с системой интенсивной сепарации зерна // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1996. № 10. С. 13–15.
6. Пенкин С.М. Оценка пропускной способности зерноуборочных комбайнов по известным параметрам // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2003. № 1. С. 24–26.
7. Пронин В.М., Прокопенко В.А. Технико-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологии по критерию часовых эксплуатационных затрат. М.: Столичная типография, 2008.
8. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М. Теоретические основы разработки технологического паспорта зерноуборочного комбайна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 2. С. 96–104.
9. Пустыгин М.А. Теория и технический расчет молотильных устройств: монография. М.: Сельхозгиз, 1948. 322 с.
10. Терсков Г.Д. Расчет зерноуборочных машин. М.: Издательство машиностроительной литературы, 1961. 213 с.
11. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 2. С. 4–8.
12. Гольяпин В.Я. Оценка потенциальных возможностей зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1990. № 4. С. 16–19.
13. Чепурин Г.Е., Иванов Н.М. Обоснование разработки технологического паспорта зерноуборочных комбайнов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 4. С. 25–31.
14. Чепурин Г.Е., Цегельник А.П. Методика определения себестоимости зерна при обмолоте зерновых с учетом потребности в комбайнах и комбайнерах // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 2. Р. 85–93. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-2-11>.
15. Чепурин Г.Е. Зерноуборочному комбайну – технологический паспорт – полю – операционную карту // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 4. С. 76–79.
16. Чепурин Г.Е., Цегельник А.П. Структура и содержание технологического паспорта и операционных карт зерноуборочных комбайнов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 50–57.

REFERENCES

1. Klochkov A.V., Dyuzhev A.A., Gusarov V.V. *Zernouborochnye kombainy: etapy sovershenstvovaniya, sovremennoe sostoyaniye, perspektivy razvitiya* [Combine harvesters: stages of improvement, current status, development prospects]. Gorki: BGSA Publ., 2012, 109 p. (In Russian).
2. Zhalnin E.V. *Raschet osnovnykh parametrov zernouborochnykh kombainov* [Calculation of the main parameters of combine harvesters]. M.: VIM Publ., 2001. 106 p. (In Russian).
3. Zhalnin E.V., Baranov A.A., Suleimanov M. *Srednestaticheskaya propusknaya sposobnost' zernouborochnykh kombainov* [Average throughput of combine harvesters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1997, no. 8, pp. 25–27. (In Russian).
4. Zan'ko N.D. *Metodika otsenki propusknoi sposobnosti molotilki i opredeleniya klassa zernouborochnogo kombaina* [Methodology for assessing the throughput of a thresher and determining the class of a combine harvester]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1999, no. 6, pp. 26–28. (In Russian).
5. Zan'ko N.D., Osipov N.M. *Otsenka propusknoi sposobnosti molotilki s sistemoi intensivnoi separatsii zerna* [Evaluation of the throughput of a thresher with an intensive grain separation system]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1996, no. 10, pp. 13–15. (In Russian).

6. Penkin S.M. Otsenka propusknoi sposobnosti zernouborochnykh kombainov po izvestnym parametram [Evaluation of the throughput of combine harvesters by the known parameters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery]. 2003, no. 1, pp. 24–26. (In Russian).
7. Pronin V.M., Prokopenko V.A. *Tekhniko-ekonomicheskaya otsenka effektivnosti sel'skokhozyaistvennykh mashin i tekhnologii po kriteriyu chasovykh ekspluatatsionnykh zatrat* [Feasibility study of the effectiveness of agricultural machinery and technology by the criterion of hourly operating costs]. M.: Stolichnaya tipografiya Publ., 2008. (In Russian).
8. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Teoreticheskie osnovy razrabotki tekhnologicheskogo pasporta zernouborochnogo kombaina [Theoretical framework for developing a passport of grain harvester]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 2, pp. 96–104. (In Russian).
9. Pustygin M.A. *Teoriya i tekhnicheskii raschet molotil'nykh ustroystv* [Theory and technical calculation of threshing devices]. M.: Sel'khozgiz Publ., 1948. 322 s. (In Russian).
10. Terskov G.D. *Raschet zernouborochnykh mashin* [Calculation of grain harvesting machines]. M.: Izdatel'stvo mashinostroitel'noi literatury [Publishing House of Machine Building Literature], 1961, 213 p. (In Russian).
11. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernouborochnykh kombainov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram [Analysis methods of combine harvesters technical level by functional and structural parameters]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technology], 2018, vol. 12, no. 2, pp. 4–8. (In Russian).
12. Gol'tyapin V.Ya. Otsenka potentsial'nykh vozmozhnostei zernouborochnykh kombainov [Assessing the potential of combine harvesters]. *Traktory i sel'skokhozyaistvennye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1990, no. 4, pp. 16–19. (In Russian).
13. Chepurin G.E., Ivanov N.M. Obosnovanie razrabotki tekhnologicheskogo pasporta zernouborochnykh kombainov [Justification of working out of combine harvesters technological certificate]. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* [Agricultural machinery and technology], 2016, no. 4, pp. 25–31. (In Russian).
14. Chepurin G.E., Tsegel'nik A.P. Metodika opredeleniya sebestoimosti zerna pri obmolete zernovykh s uchetom potrebnosti v kombainakh i kombainerakh [Methods of identifying grain production cost when threshing grain crops in view of the need in combine harvesters and combine operators]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 49, no. 3, pp. 50–57. (In Russian).
15. Chepurin G.E. Zernouborochnomu kombainu – tekhnologicheskii passport – polyu – operatsionnuyu kartu [Technological certificate for a grain harvester, process chart for a field]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2017, vol. 31, no. 4, pp. 76–79. (In Russian).
16. Chepurin G.E., Tsegel'nik A.P. Struktura i sodержanie tekhnologicheskogo pasporta i operatsionnykh kart zernouborochnykh kombainov [The structure and content of the technological passport and operation process charts of grain harvesters]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 3, pp. 50–57. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Чепурин Г.Е.**, член-корреспондент, доктор технических наук, руководитель научного направления; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: sibime@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Chepurin G.E.**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Engineering, Head of Research Division; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: sibime@ngs.ru

Дата поступления статьи 22.05.2019
Received by the editors 22.05.2019

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹Савельева Д.А., ²Каличкин В.К.

¹Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук

Томск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Для цитирования: Савельева Д.А., Каличкин В.К. Применение цифровых технологий при изучении водной эрозии почв Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49 № 4. С. 86–100. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-10

For citation: Savelieva D.A., Kalichkin V.K. Primenenie tsifrovyykh tekhnologii pri izuchenii vodnoi erozii pochv Zapadnoi Sibiri [Application of digital technologies in the study of water erosion of soils in Western Siberia]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 86–100. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-10

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Проведен анализ изучения водной эрозии почв на территории Западно-Сибирской равнины с использованием геоинформационных технологий (ГИС) и средств дистанционного зондирования Земли. Показано, что ГИС и средства дистанционного зондирования Земли не имеют широкого применения в эрозиоведении Западной Сибири и используются ограниченным числом современных исследователей. Однако использование цифровых технологий на данной территории характеризуется охватом почти полного спектра их возможностей и функций: цифрового картографирования, формирования пространственно-распределенных тематических баз данных, мониторинга, пространственно-временного анализа, моделирования, автоматизированного картографирования. Основная масса таких исследований сконцентрирована в пределах Новосибирской и Омской областей, в Алтайском крае, в меньшей степени в Томской и Кемеровской областях. Цифровые технологии при изучении водной эрозии на территории Западной Сибири чаще находят применение в исследовании зависимости водной эрозии от определяющих ее

APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF WATER EROSION OF SOILS IN WESTERN SIBERIA

¹Savelieva D.A., ²Kalichkin V.K.

¹Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – Branch of Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Tomsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The analysis of the study of water erosion of soils on the territory of the West Siberian Plain using geo-information technologies (GIS) and Earth remote sensing was carried out. It is shown that GIS and Earth remote sensing are not widely used in erosion studies in Western Siberia and are used by a limited number of modern researchers. However, the use of digital technologies in this area is characterized by the coverage of almost the full range of their capabilities and functions: digital mapping, the formation of spatially-distributed thematic databases, monitoring, space-time analysis, modeling, automated mapping. The bulk of such research is concentrated mainly within the Novosibirsk and Omsk regions, in the Altai Territory, and to a lesser extent in the Tomsk and Kemerovo regions. Digital technologies for studying water erosion in Western Siberia are more often used to study the dependence of water erosion on its determining factors (mainly topography), the effect of water erosion on soils and

факторов (в основном рельефа), влияния водной эрозии на почвы и почвенный покров, при морфометрическом анализе рельефа, классификации и картографировании земель. Практически не затронута проблема дистанционного мониторинга временной динамики водной эрозии и связанных с ней изменений рельефа, почвенного покрова, свойств почв и другое. Требуют доработки вопросы геоинформационного моделирования водной эрозии в части проработки детализации и масштаба, охвата большего количества территорий. При моделировании водной эрозии не всегда учитывается характер поверхностного стока. Не вполне ясным является подход к выбору критериев оценки эрозионных земель при разных масштабах их картографирования. Открытым остается вопрос разработки методики автоматизированного расчета нормативов допустимых эрозионных потерь почвы. Применение средств дистанционного зондирования Земли и ГИС в изучении водной эрозии почв Западной Сибири не является систематическим и всеобъемлющим. Это подтверждается наличием ряда проблем изучения водной эрозии на данной территории, требующих цифрового подхода к их решению.

Ключевые слова: водная эрозия, цифровые технологии, ГИС, мониторинг, моделирование, картографирование

Развитие цифровых технологий, в частности ГИС, в середине XX в. способствовало возникновению нового подхода к изучению водной эрозии почв – геоинформационному моделированию этого процесса и связанных с ним аспектов. Этот подход определил роль цифровых технологий не только в изучении фундаментальных вопросов водной эрозии, но и в ее мониторинге, прогнозе, принятии управленческих решений при планировании и реализации почвозащитных мероприятий. Впервые геоинформационные технологии в моделиро-

soil cover, in morphometric analysis of the relief, land classification and mapping. The problem of remote monitoring of the temporal dynamics of water erosion and related changes in topography, soil cover, soil properties, etc. is practically not dealt with. The issues of geoinformational modeling of water erosion in terms of elaboration of detail and scale, and coverage of a larger number of areas require further development. When modeling water erosion, the nature of surface runoff is not always taken into account. The approach to the selection of criteria for the assessment of erosional land at different scales of their mapping is not entirely clear. It remains an open question to develop a methodology for the automated calculation of standards for permissible erosional losses of soil. In general, the use of Earth remote sensing and GIS facilities in the study of water erosion in the soils of Western Siberia is not systematic and comprehensive. This is confirmed by the presence of a number of problems in the study of water erosion in the given area, which requires a digital approach to their solution.

Keywords: water erosion, digital technologies, GIS, monitoring, modeling, mapping

вании эрозионного процесса применены в США М.А. Spanner et al. в 1983 г.¹ [1].

Это была первая попытка использовать ГИС для моделирования водной эрозии и оценки эрозионных потерь, пространственная реализация Универсального уравнения потерь почвы (USLE). В настоящее время данная модель используется для оценки развития эрозии в 109 странах мира. Интересным представляется тот факт, что при наличии множества модификаций USLE ни одна из них не может считаться ведущей, поскольку все они используются в зависи-

¹Spanner M.A., Strahler A.H. Estes J.E. Soil loss prediction in a Geographic Information System Format. In Papers Selected for Presentation at the Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment. 89–102. 2–9 June 1982. Buenos Aires, Argentina. Ann Arbor, Mich., 1983. 14 p.

мости от наличия данных и по необходимости в рамках конкретного исследования или проекта, о чем пишут С. Alewell et al. [2]. Известны примеры реализаций и других математических моделей водной эрозии и их последующих модификаций, выполненных с использованием различных ГИС-пакетов, например динамическая Лимбургская модель водной эрозии почвы, разработка модели склонового эрозионного процесса на основе численного интегрирования системы уравнений диффузионной волны [1] и др.

В СССР эти методы стали применять 12 годами позже. Искключительно быстрое развитие ГИС наблюдалось в 90-х годах XX в., что создало предпосылки для их внедрения в эрозиоведение на территории постсоветского пространства. Одним из первых на территории стран бывшего СССР новые возможности, открываемые ГИС перед математическим моделированием водной эрозии, увидел Г.И. Швевс [3]. Еще в начале 90-х годов XX в. им с соавт. опубликованы материалы, посвященные теоретическим и методологическим аспектам применения ГИС при обосновании рационального использования эрозионно-опасных земель^{2,3} [4]. В 1995 г. А.А. Светличным⁴ в рамках выполнения квалификационной работы впервые выполнено теоретическое обоснование и пространственная ГИС-реализация модифицированного варианта логико-математической модели смыва почвы Г.И. Швевса.

Основная масса современных исследований данной проблематики в России сконцентрирована на Европейской территории страны (ЕТР). В настоящее время эти исследования охватывают весь спектр возможностей и функций ГИС и средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включая использование технологий искусственного

интеллекта. Приведем наиболее часто используемые области цифровых технологий в эрозиоведении: изучение пространственно-временной динамики и интенсивности водной эрозии, ее влияния на почвенный покров территории; геоинформационное моделирование процессов; оценка состояния агроландшафтов, морфометрический анализ рельефа; оценка эрозионного потенциала рельефа; оценка эродированности почвы; поиск взаимосвязей между характеристиками эрозионного процесса и определяющими его факторами; агроэкологическая оценка земель, их типизация; картографирование; определение допустимых норм эрозионных потерь; разработка проектов рационального землепользования и проектирование почвозащитных мероприятий. При этом пространственное ГИС-моделирование водной эрозии является одним из приоритетных направлений в эрозионной тематике.

Цель исследования – осуществить анализ проведенных исследований по применению цифровых технологий относительно водной эрозии почв на территории Западной Сибири и сформулировать наиболее актуальные проблемы для будущего изучения.

В Западной Сибири при изучении водной эрозии ГИС используют не так широко, как на Европейской территории страны, и в целом гораздо меньше, чем материалы космической съемки. При этом в мире изучение эрозии почв с помощью ГИС и ДЗЗ проводят довольно активно. Большое внимание уделяется моделированию и выведению отдельных факторов Универсального уравнения потерь почвы и его модификаций, таких как RUSLE [5] в среде ГИС. Однако в этом направлении отмечается необходимость уделить особое внимание оценке ошибок параметров модели, полученных дистанционными

²Shvebs H.I., Svetlitchnyi A.A., Plotnitsky S.V. Elaboration of decision support system for optimization of land resources, using GIS // J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten (eds), EGIS / MARI'94 Conference Proceedings, Utrecht-Amsterdam: EGIS Foundation, 1994. P. 1876–1883.

³Svetlitchnyi A., Yegorkin I., Shvebs H., Lisetsky F. Object-oriented approach in designing optimal agrolandscape based upon GIS // J.J. Harts, H.F.L. Ottens, H.J. Scholten (eds), EGIS'92 Conference Proceedings, vol. 1. EGIS Foundation, Utrecht / Amsterdam, The Netherlands, 1992. P. 423–430.

⁴Світличний О.О. Кількісна оцінка характеристик схилового ерозійного процесу і питання оптимізації використання ерозійно небезпечних земель: автореф. дис. д-ра геогр. наук. Одеса: Одеськ. держ. ун-т, 1995. 47 с.

ми методами. Ряд зарубежных исследований [6–9] направлен на изучение водной эрозии почв, ее мониторинга с использованием цифровых технологий в среднем и крупном масштабах. Совершены попытки прогнозирования развития эрозии в краткосрочной перспективе (до 2030 г.) [6]. Однако таких исследований относительно немного. Как отмечают Т.К. Sepuru, Т. Dube [10], несмотря на все усилия, направленные на количественную оценку развития водной эрозии почв и широкий спектр цифровых возможностей, основное внимание уделяется мелкомасштабным исследованиям. Это определяет необходимость расширения и детализации работ по изучению пространственной изменчивости и интенсивности эрозии в более крупном масштабе.

Первые эрозиоведческие работы в Западной Сибири, связанные с использованием ГИС, появились в конце 90-х – начале 2000-х годов. Они принадлежат таким исследователям, как В.В. Хромых, О.В. Хромых, А.Ф. Путилин, А.М. Шкаруба, Л.Ю. Дитц, В.К. Каличкин, А.И. Павлова, З.В. Квасникова, М.А. Каширо и др. На первых этапах освоения методологии ГИС и ДЗЗ исследователи Западной Сибири отдавали предпочтение общим вопросам экологического мониторинга и управления, разработке методических основ работы с ГИС. Однако их использование было слабым и в целом заключалось в основном в создании электронных карт (оцифровке бумажных карт) без какого-либо анализа. Специалистов прикладного природоведческого профиля (ландшафтоведы, почвоведы, геологи), которые использовали бы в своих исследованиях ГИС и материалы дистанционной съемки, в то время практически не было. Одной из первых серьезных (больших) работ в данной

тематике может послужить диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук В.В. Хромых⁵. В ней он описывает разработанные концептуальные основы создания и использования экологических ГИС как систем поддержки принятия решений при управлении окружающей средой. Кроме того, в диссертации исследованы две экологические ГИС, обеспечивающие экологический мониторинг и включающие блок данных об эрозионной опасности территории. Автор одним из первых в Западной Сибири получил синтезированную карту эрозионной опасности методами пространственного анализа ГИС. Карта вошла в алгоритм разработки проекта хозяйственного использования территории в системе поддержки принятия решений.

Практически в то же время А.О. Крутовским⁶ предложена методика дистанционного измерения размыва берегов крупных рек посредством интеграции цифровых аэрофотоснимков с локальными ГИС в рамках решения проблемы повышения эффективности геоэкологического мониторинга при исследовании деформаций берегов рек у населенных пунктов. Определенный интерес представляет работа по оценке эрозионной устойчивости геосистем средствами ГИС для обустройства нефтяных месторождений Томской области [11], в которой эрозия рассматривается как элемент техногенного воздействия. В 2004 г. А.В. Тябаевым⁷ разработаны методические процедуры построения инженерно-ландшафтной ГИС и на ее основе создана геомодель участков в пределах средней тайги Томской области, включающая сведения об оползневой ситуации и овражной эрозии.

Очевидно, что на начальном этапе освоения цифровых технологий для ведения

⁵Хромых В.В. Географические информационные системы при планировании хозяйственного использования территории: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2000. 29 с.

⁶Крутовский А.О. Способы повышения эффективности геоэкологического мониторинга при исследовании деформаций берегов рек у населенных пунктов: На примере крупных рек Томской области: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2002. 23 с.

⁷Тябаев А.В. Ландшафтный анализ территории средствами ГИС-технологий при планировании хозяйственной деятельности (на примере юго-востока Томской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2004. 28 с.

научных исследований приоритет отдавался общим вопросам природопользования и охраны окружающей среды и лишь затрагивал некоторые эрозионные процессы. Дальнейшие исследования в данной области носят более детальный и узкоспециализированный характер.

Одними из первых, имеющих непосредственное отношение к изучению процесса водной эрозии на территории Западной Сибири, с использованием цифровых технологий, можно назвать работы Р.В. Кнауца, Н.С. Евсеевой с соавт.⁸ и Т.Н. Елизарьевой, Л.Ю. Дитц и О.Г. Лопатовской [12]. Первая работа описывает зависимость развития водной эрозии от крутизны и экспозиции склона, а также от микрорельефа поверхности на территории Томь-Яйского междуречья Томской области. Вторая освещает методологические аспекты экологического мониторинга антропогенных и природных почвенных процессов. Авторы обосновали целесообразность совмещения материалов наземного обследования с дистанционным в процессе мониторинга почв для увеличения достоверности диагностики пространственных и временных изменений засоленных и орошаемых почв, подверженных эрозии на территории северной лесостепи (Привасюганская низменная равнина) и южной лесостепи (увалистый Баган-Карасукский водораздел) Новосибирской области.

Дальнейшее использование цифровых технологий в изучении водной эрозии связано с применением более широкого спектра возможностей как средств ДЗЗ, так и ГИС, что в целом обусловлено повышением уровня технических возможностей компьютеров и функционала используемого программного обеспечения. В особенности это касается пространственного анализа, что отчетливо прослеживается в работах А.Ф. Путилина,

В.К. Каличкина, А.И. Павловой, В.В. Скрипко, Г.Г. Морковкина и соавт. Непосредственное изучение самого процесса водной эрозии и связанных с ним последствий на территории Западной Сибири с использованием цифровых технологий начато, вероятно, в 2006–2008 гг. В этот период и далее исследователи уделяли большее внимание вопросам моделирования водной эрозии и изучения ее факторов, морфометрическому анализу рельефа, дистанционной диагностике эрозионного состояния почвенного покрова. С 2008 г. в Западной Сибири активизируется интерес к разработке автоматизированных методов картографирования, оценки земель и свойств почв, связанных с развитием водной эрозии.

Результаты морфометрического анализа рельефа и изучения его эрозионного потенциала на основе цифровой модели и геоинформационного моделирования водной эрозии представлены в работах практически всех ведущих исследователей в этой области на территории Западной Сибири. Так, в квалификационной работе Р.В. Кнауца в 2006 г.⁹ представлен детальный анализ территориального развития эрозионных процессов на пахотных землях Томь-Яйского междуречья в пределах подтаежной зоны Томской области, выполненный на базе настольного ГИС-пакета ArcView GIS 3.2a. Автор выполнил комплексную оценку факторов поверхностной эрозии почв – рельефа, геологического строения, климата, почв, растительного покрова, создал среднемасштабные (1 : 100 000) оценочные карты эрозионного потенциала рельефа, смываемости пахотных почв, эрозионного индекса растительности при стоке талых вод.

М.А. Каширо с соавт. описан результат геоморфометрического анализа рельефа по ряду параметров средствами ГИС также на территории Томь-Яйского междуречья

⁸Кнауц Р.В., Евсеева Н.С., Петров А.И., Краснощеков С.Ю. Рельеф как фактор развития водной эрозии почв // Проблемы геологии и географии Сибири: материалы науч. конф., посвященной 125-летию основания Томского государственного университета и 70-летию образования геолого-географического факультета. Томск: Изд-во ТГУ, 2003. С. 58–60.

⁹Кнауц Р.В. Географический анализ факторов поверхностного смыва и оценка современной эрозии на пахотных землях Томь-Яйского междуречья (в пределах Томской области): автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Томск, 2006. 19 с.

в бассейне р. Басандайки [13]. Авторами выполнен анализ карт горизонтального и вертикального расчленения, экспозиции и крутизны склонов, сделаны выводы относительно подверженности территории геоморфологическим рискам в зависимости от значений морфометрических параметров рельефа.

Дальнейшие исследования в области оценки ландшафтно-экологических рисков включали картографирование элементарных природных, природно-антропогенных и антропогенных комплексов Томской области, оценку эколого-геохимического и интегрального ландшафтно-экологического рисков с использованием возможностей ГИС. Результатом этой работы стала карта эколого-геохимического риска, а также карта интегральной оценки экологического риска территории ключевого участка¹⁰. Проведенные исследования позволили выявить закономерности распределения земель разной степени ландшафтно-экологического риска и сделать выводы о повышении степени риска в связи с активизацией хозяйственной деятельности человека.

Работа А.А. Ерофеева¹¹ включает блок моделирования LS-фактора территории малых рек Томской области и морфометрический анализ рельефа для проведения оценки уязвимости геосистем, связанной со склоновой эрозией (работа выполнена в ГИС SAGA). Интересными представляются и другие публикации этого автора, связанные с изучением структуры бассейновых геосистем на основе цифровой модели рельефа, однако не связанные напрямую с изучением самого процесса водной эрозии, а лишь касающиеся их в отдельных блоках исследований.

А.И. Павлова и В.К. Каличкин [14] используют результаты морфометрического

анализа рельефа для геоморфологического районирования территории Омской области, используя такие морфометрические показатели, как максимальные и минимальные высоты, вертикальное расчленение, густота расчленения рельефа, крутизна склонов.

А.Ф. Путиным и А.М. Шкарубой также выполнен ряд работ по морфометрическому анализу рельефа и связанной с ним эрозионной обстановкой на территории Новосибирской области. В работе [15] показана целесообразность использования ГИС и цифровой модели рельефа (ЦМР) при морфометрическом анализе территории водосбора; рассмотрены методические вопросы проведения ландшафтных исследований, описан ряд положений бассейнового подхода. Продолжена работа над методологическими аспектами геоинформационного моделирования эрозии и оценки миграционно-вещественных процессов. В [16] описан результат отработки методических вопросов использования ГИС-технологий для выделения смытых почв водосборного бассейна и создания почвенно-эрозионных карт на основе ЦМР (в пределах юго-востока Новосибирской области) с использованием элементов геоморфометрического анализа рельефа. Работа подтверждает приуроченность степени смытости почв к склонам определенной крутизны. Авторы отмечают, что выделение точного местоположения эродированных в разной степени земель оказалось возможным только при совместном использовании водосборно-бассейнового подхода, ГИС-технологий и ЦМР.

Подходы, позволяющие автоматизировать процесс вычисления морфометрических параметров рельефа, связанных с крутизной склонов, экспозицией и формами поверхности при использовании ЦМР, получения карт морфометрических параметров

¹⁰Квасникова З.Н., Каширо М.А. Оценка ландшафтно-экологического риска юго-востока Томской области // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: материалы XII Междунар. ландшафтной конф. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2017. С. 145–149.

¹¹Ерофеев А.А. Ландшафтно-экологический анализ бассейнов малых рек на основе геоинформационного моделирования (на примере малых рек Томска и его окрестностей): автореф. дис. ... геогр. наук. Томск, 2012. 15 с.

рельефа, служащих основой классификации форм земной поверхности и вычисления индекса мощности линейной эрозии описаны А.И. Павловой по результатам работы на территории хозяйства «Салаир» Маслянинского района Новосибирской области [17]. Работа выполнена в крупном масштабе и может быть использована в качестве основы для более детального анализа условий рельефа и уточнения границ различных групп эрозионных земель.

Дальнейшие работы в этом направлении связаны с более детальным анализом данных [18] и с проработкой самих баз данных [19]. Это касается и вопросов картографирования и оценки земель. Если сначала перед исследователями стояла задача разработки методических аспектов анализа данных, картографирования и оценки земель, то с определенного момента работы направлены на детализацию описательной составляющей ГИС, более точного описания объектов и явлений, извлечения как можно большего количества полезной информации о территории посредством всестороннего анализа исходных данных. Так, в [18] описан пример использования ГИС для геоморфометрического анализа рельефа местности (в пределах Седельниковского административного, части Тарского и Муромцевского районов Омской области). Цель использования – формирование базы данных сельскохозяйственных земель, которые в данном исследовании представляют собой совокупность информации о территории в векторной и растровой моделях данных ГИС. Геоморфологический анализ территории при создании баз данных позволил вычислить такие морфометрические параметры рельефа, как крутизна и экспозиция склонов, кривизна поверхности, а также ряд расчетных параметров – индекс влажности TWI и индекс мощности эрозии SPI.

Анализ пространственно-временной динамики водной эрозии на территории Западной Сибири выполнен такими исследователями, как А.Ф. Путилин, Л.Ю. Дитц, В.В. Скрипко, С.Я. Кудряшова, Г.Г. Морковкин и соавт.

А.Ф. Путилин и Л.Ю. Дитц с соавт. в 2007 г.¹² [20] использовали ГИС для современного географического и временного описания почвенно-эрозионных процессов с применением бассейновой концепции. В 2008 г. С.Я. Кудряшовой, Л.Ю. Дитц и др. [21] с помощью инструментов пространственного анализа ГИС и материалов ДЗЗ высокого разрешения определены площади деградированных в результате развития водной эрозии участков на территории лесостепной подзоны Новосибирского Приобья, а также установлена корреляционная зависимость концентрации углерода в отложениях новых осадочных масс от скорости и интенсивности развития эрозионных процессов. Полученные результаты исследования обусловили возможность описания количественных соотношений компонентов баланса почвенного углерода в условиях естественных границ в пределах бассейновой геосистемы. Чуть позже А.Ф. Путилин, Л.Ю. Дитц с соавт. [22] разработали пространственную картографическую модель почвенного покрова территории Приобского плато в левобережье Оби, подверженных водной эрозии, на основе анализа строения поверхности средствами ГИС. В работе освещены возможности построения и визуализации аналитической трехмерной поверхности, дающей возможность построения моделей географических объектов, моделирования процессов их взаимодействия и взаимозависимостей.

На территории Томской области данным вопросом занимались В.В. Хромых и О.В. Хромых [23], которые выполнили мо-

¹²Дитц Л.Ю., Чичулин А.В., Кудряшова С.Я., Путилин А.Ф., Миллер Г.Ф. Использование данных дистанционного зондирования и ГИС технологий при изучении почвенно-эрозионных процессов водосборных бассейнов // Организация почвенных систем. Методология и история почвоведения: труды II национ. конф. с междунар. участием. Пушкино, 2007. С. 277–280.

делирование и описали влияние эрозионно-аккумулятивной деятельности рек Томской области (нижняя Томь) на некоторые параметры геосистемы, в частности на динамику рельефа поверхности поймы, смену растительного покрова и почв.

Подробно результаты оценки пространственно-временной динамики структуры агроландшафтов и свойств почв изложены в работах Г.Г. Морковкина и др. на примере степной зоны Алтайского края [25, 26]. Изучена динамика состояния почвенного покрова и показателей плодородия почв основных природно-почвенных зон Алтайского края с использованием ГИС-технологий и спутниковых снимков. В публикациях описаны состояние почвенного покрова Алтайского края по проявлению эрозии, динамика изменения площадей эродированных почв, динамика степени проявления водной и ветровой эрозии, а также ряда связанных с ней свойств почв. В данных работах не стояла задача изучения именно эрозионных процессов; водная эрозия и дефляция являются их составляющей.

Вопросы изучения овражной эрозии средствами ГИС представлены в работах В.В. Скрипко с соавт. Авторами¹³ на территории Алтайского края выполнена работа по картографированию в ГИС, исследованию закономерностей пространственного распределения и параметров оврагов (Косихинский район). В работе¹⁴ представлены предварительные результаты оценки потенциального роста длины оврага для территории Бие-Чумышской возвышенности на основе морфометрических параметров эрозионного водосбора и ряда расчетных величин средствами ГИС. Использование ГИС для картографирования и анализа позволило рассчитать длину, площадь оврагов и количество отвершков оврагов, изучить

пространственно-временную динамику данных параметров. С.Г. Платоновой с соавт. [27] описаны типы овражно-балочной сети, экзодинамические процессы в зависимости от рельефа Каменского выступа (граница Новосибирской области и Алтайского края). Использование ГИС и ДЗЗ позволило выявить зависимость рисунка эрозионной сети от положения по отношению к морфоструктурным элементам местности, а также от влияния активной тектоники на строение овражно-балочной сети.

Отдельная группа исследований посвящена автоматизированному картографированию и оценке земель. Основная часть этих работ, так или иначе касающихся водной эрозии, включает изучение факторов эрозии и самого процесса в виде блоков. Лишь незначительная часть полностью посвящена вопросам эрозиоведения.

Одной из первых была работа В.К. Каличкина и А.И. Павловой [28] в 2008 г., описывающая подход к автоматизированному картографированию земель сельскохозяйственного назначения для кадастровых целей (на примере сельскохозяйственного предприятия в Маслянинском районе Новосибирской области). В ЦМР авторами введена подсистема кадастрового зонирования земель, позволяющая рассчитать кадастровую стоимость земли на основе сведений о плодородии почв, технологических свойствах и местоположении земельного участка, свойств рельефа. В работе [14] описан алгоритм геоморфологического районирования территории Омской области с использованием материалов ДЗЗ и ГИС, охватывающий такой аспект, как оценка морфометрических параметров рельефа, позволяющая идентифицировать эрозионные формы и тип эрозионного расчленения рельефа. По-видимому, именно в этой работе впервые на территории

¹³Скрипко В.В., Платонова С.Г., Собко В.В. Современные процессы оврагообразования на территории Косихинского района (Алтайский край) // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей в 3 кн. Барнаул: Алтайский ГАУ, 2017. С. 545–546.

¹⁴Скрипко В.В., Платонова С.Г., Адам А.А., Скрипко М.С. Определение потенциальной длины оврагов склоновых водосборов на Бие-Чумышской возвышенности (Алтайский край) // Эколого-географические исследования в речных бассейнах: материалы V всерос. науч.-практ. конф. Воронеж, 2018. С. 90–94.

Западной Сибири для исследований подобного рода проблем применен нейросетевой анализ. Также на примере Омской области описан разработанный авторами метод автоматизированного картографирования сельскохозяйственных земель [29], основанный на создании серии электронных карт, формировании базы данных, базы знаний для обучения нейронной экспертной системы (НЭС), оценки точности нейронной экспертной системы, построения синтезированной электронной карты, отражающей результат нейросетевого анализа. Это первая работа в Западной Сибири, выполненная с использованием НЭС в связи с вопросами автоматизированного картографирования и агроэкологической группировки земель. Использование возможностей нейросетевого анализа позволило обрабатывать большие массивы тематически ориентированной информации, которая в ряде случаев оказывалась неясной и неопределенной.

Дальнейшие работы авторов включают более детальный анализ путем интеграции ГИС и НЭС. Так, А.И. Павловой и В.К. Каличкиным описан подход совместного использования ГИС и НЭС для автоматизированного картографирования эрозионных земель (на примере Омской области) на основе оценки территории по морфометрическим показателям рельефа и величине среднегодового показателя смыва почвы [30]. Результатом работы стали тематические карты ГИС, на основе которых с использованием НЭС выделены ареалы агроэкологической группы эрозионных земель и созданы карты эрозионных земель, которые могут быть использованы для их агроэкологической оценки. В исследовании [31] авторами продолжена работа над оценкой эрозионных земель на территории Омской области. Разработан методический подход к классификации эрозионных земель с помощью НЭС, интегрированной с ГИС. Этот подход существенно

упростил процесс группировки эрозионных земель, позволил его автоматизировать, а также систематизировать сведения о морфометрических показателях и топологии земель. Совместное использование ГИС и НЭС показало себя успешным. В результате получены цифровые среднемасштабные карты эрозионных земель и обобщенные нормативные показатели морфометрических свойств рельефа. Данная информация может быть использована в качестве базовой основы для расчета потенциального смыва почв и ряда практических мероприятий. В работе¹⁵ описан порядок классификации плакорных земель с использованием ГИС и нейросетевого анализа. Как и в случае с классификацией эрозионных земель, описан вариант выделения операционных территориальных единиц нерегулярной сети геотопов, что, по мнению авторов, позволяет более объективно установить границы между элементарными участками земной поверхности, обладающими сходными показателями по углам наклона, экспозиции, подстилающим породам. Описанный порядок позволяет автоматизировать процесс классификации земель.

Проблема отсутствия для условий Западной Сибири физически созданных баз данных для агроэкологической оценки земель была решена в работе [19]. Созданные базы данных представляют собой набор разновровневых сущностей и соответствующих наборов атрибутов. Так, в концептуальной модели базы данных «Рельеф» выделен ряд атрибутов, характеризующих степень развития водной эрозии почв, которые в логической модели этой базы данных определяли содержимое таблицы степени развития водной эрозии, а также углы наклона рельефа, длины склонов, количество западин на единицу площади и др. В совокупности все разработанные авторами базы данных представляют собой комплексную систему описания сельскохозяйственных земель в виде

¹⁵Павлова А.И., Каличкин В.К. Классификация плакорных земель с использованием нейронной экспертной системы и ГИС // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. (Беларусь, Минск, 19–21 октября 2016 г.). Минск, 2016. С. 294–297.

взаимосвязанных таблиц. В дальнейшем авторами запланировано применение разработанных баз данных для формирования моделей представления знаний, создания баз геоданных, интеграции с ГИС и геоинформационного моделирования. Обобщение результатов исследований В.К. Каличкина и А.И. Павловой, касающихся вопросов геоинформационного моделирования эрозии, оценки и картографирования эрозионных земель Западной Сибири изложено в [32]. Других обобщающих трудов в области изучения водной эрозии на территории Западной Сибири посредством ГИС и ДЗЗ не установлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом использование ГИС и материалов ДЗЗ относительно невелико, что находит отражение в количестве публикаций по данной тематике, в особенности на фоне общего количества публикаций, освещающих вопросы изучения водной эрозии в Западной Сибири. Результаты поиска по ключевым словам «водная эрозия» и «Западная Сибирь» в базе данных e-library показывают 5340 публикаций, добавление ключевого слова «ГИС» снижает это количество до нескольких десятков. Если говорить об исследователях в этой области, то их число составляет единицы.

Основная масса исследований не имеет целью изучение самого процесса водной эрозии. Изыскания носят характер, скорее, прикладной, чем фундаментальный, поскольку направлены в большей степени не на познание природы самого явления, а на решение ряда прикладных задач, связанных так или иначе с его развитием на исследуемых территориях. Большинство исследований включает водную эрозию в качестве отдельного блока, представляющего часть одной работы. Можно выделить несколько работ, посвященных изучению последствий проявления водной эрозии, таких как изменение ряда физико-химических параметров почв, изменение почвенного покрова, а так-

же взаимосвязи некоторых природных и антропогенных факторов с развитием водной эрозии.

Все работы по изучению водной эрозии почв с использованием ГИС и ДЗЗ на территории Западной Сибири можно разделить на пять групп:

- связанные с изучением влияния факторов эрозии на ее развитие;
- связанные с изучением влияния водной эрозии на почвы и почвенный покров;
- связанные с использованием цифровых технологий в вопросах мониторинга водной эрозией;
- связанные с использованием цифровых технологий оценки и типизации земель
- освещающие вопросы методологии как изучения самого процесса, так и при решении прикладных задач.

Исследования в основном сконцентрированы в пределах Новосибирской и Омской областей, Алтайского края, в меньшей степени на территории Томской и Кемеровской областей. Наиболее часто используются программные продукты ArcGIS и некоторые другие программные продукты ESRI, MapInfo, в последние годы – ГИС SAGA. Использование российских программных продуктов ограничено. Для автоматизированного дешифрирования спутниковых снимков наиболее часто применяют программный комплекс ENVI, который признан одной из наиболее удачных разработок, созданных для этих целей. Из материалов дистанционной съемки наиболее часто используются космические снимки Landsat и материалы высотной съемки SRTM.

В большей степени проработанными являются следующие вопросы:

- разработка тематически различных геоинформационных систем (экологических, инженерных, сельскохозяйственных) как пространственно распределенных баз данных и связанных с ними тематических проблем;
- геоинформационные модели эрозии различной степени проработки;

- геоморфометрический анализ рельефа по ограниченному количеству параметров;
- автоматизированная оценка земель, их классификация и картографирование, создание синтезированных тематических карт на основе анализа территории; подходы к оценке, классификации и картографированию;
- базы данных, базы знаний, частные шкалы оценок;
- вопросы методологии изучения водной эрозии почв с использованием цифровых технологий.

На основании проведенного анализа представляется ряд недостаточно изученных вопросов на территории Западной Сибири. Практически не затронута проблема дистанционного мониторинга временной динамики водной эрозии и связанных с ней изменений рельефа, почвенного покрова, свойств почв и др. Проведенные исследования носят в основном одномоментный характер, когда сведения для анализа получены «здесь и сейчас», а результаты характеризуют лишь сиюминутную обстановку. Научно-методические основы и разработка информационной базы исследований, моделирования и прогноза водной эрозии средствами ГИС также требуют доработки. В частности, вопросы детализации и масштаба геоинформационного моделирования водной эрозии, охвата большего количества территорий. Недостаточно изучена зависимость водной эрозии от морфометрических параметров рельефа. Представленные результаты исследований охватывают ограниченную территорию и довольно кратки. При моделировании водной эрозии не всегда учитывается характер поверхностного стока (не всегда разделяется талый и ливневый сток, нет публикаций о моделировании эрозии от единичного ливня). Не вполне ясным является подход к выбору критериев оценки эрозионных земель при разных масштабах картографирования. Также открытым остается вопрос разработки методики автоматизированного расчета нормативов допустимых эрозионных потерь почв.

Очевидно, что применение цифровых технологий (ГИС и ДЗЗ) в изучении водной эрозии Западной Сибири не является систематическим и всеобъемлющим. Это подтверждается наличием ряда проблем изучения водной эрозии на данной территории, требующего цифрового подхода к их разрешению. Решение данного вопроса может способствовать повышению качества фундаментальных исследований в тематике водной эрозии почв. Применение цифровых технологий для моделирования эрозионного процесса (использование USLE, логико-математической модели смыва почвы Г.И. Швевса и их модификаций) может способствовать решению ряда прикладных задач, связанных с рациональным землепользованием и защитой окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения / под ред. А.А. Светличного. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
2. Alewell C., Borrelli C.P., Meusburger K., Panagos P. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling // International Soil and Water Conservation Research. 2019. Vol. 7. № 3. P. 203–225. DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.05.004.
3. Светличный А.А., Черный С.Г., Лисецкий Ф.Н. Проблемы эрозии почв в научном наследии Г.И. Швевса и основные направления его развития // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2009. Т. 14. № 16. С. 142–152.
4. Shvebs H.I. Rational lands utilization, conservation and monitoring // Collection of articles by Ukrainian members of European Society for Soil Conservation, 1993. P. 29–34.
5. Phinzi K., Ngetar N.S. The assessment of water-borne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: A review // International Soil and Water Conservation Research. 2019. Vol. 7. N 1. P. 27–46. DOI: 10.1016/j.iswcr.2018.12.002.
6. Jazouli A.E., Barakat A., Khellouk R., Rais J., Baghdadi M.E. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco) // Remote Sensing Applications: Society and

- Environment. 2019. Vol. 13. P. 361–374. DOI: 10.1016/j.rsase.2018.12.004.
7. Zerihun M., Mohammedyasin M.S., Sewnet D., Adem A.A., Lakew M. Assessment of soil erosion using RUSLE, GIS and remote sensing in NW Ethiopia // *Geoderma Regional*. 2018. Vol. 12. P. 83–90. DOI: 10.1016/j.geodrs.2018.01.002.
 8. Ganasri B.P., Ramesh H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin // *Geoscience Frontiers*. 2016. Vol. 7. N 6. P. 953–961. DOI: 10.1016/j.gsf.2015.10.007.
 9. Aiello A., Adamo M., Canora F. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy // *CATENA*, Vol. 131, August 2015, P. 174–185. DOI: 10.1016/j.catena.2015.04.003.
 10. Sepuru T.K., Dube T. An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring // *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 2018. Vol. 9. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.rsase.2017.10.005.
 11. Хромых В.В. Оценка эрозионной устойчивости геосистем Крапивинского нефтяного месторождения средствами ГИС-технологий // *Вопросы географии Сибири*. Томск: Издательство Томского государственного университета, 2003. С. 417–419.
 12. Елизарова Т.Н., Дитц Л.Ю., Лопатовская О.Г. Особенности мониторинга природных и антропогенных почвенных процессов на юге Сибири // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2005. Т. 5. С. 101–105.
 13. Каширо М.А., Жилина Т.Н., Васильева М.С., Евсеева Н.С. Эколого-геоморфологические исследования бассейна р. Басандайки (Томская область) // *Вестник Томского государственного университета*. 2012. № 362. С. 184–188.
 14. Павлова А.И., Каличкин В.К. Использование материалов космической съемки и ГИС для геоморфологического районирования территории // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2009. № 11. С. 5–14.
 15. Путилин А.Ф., Шкаруба А.М. Водосборный бассейн как геосистемная основа изучения миграционно-вещественных потоков // *Сибирский экологический журнал*. 2011. Т. 18. № 5. С. 673–676.
 16. Путилин А.Ф., Шкаруба А.М. Выделение смытых почв водосборного бассейна на основе ГИС-технологий // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2012. Т. 2. № 3. С. 114–118.
 17. Павлова А.И. Применение методов цифрового моделирования рельефа для картографирования эрозионных земель // *В мире научных открытий*. 2016. № 2 (74). С. 159–169.
 18. Павлова А.И., Каличкин В.К. Использование геоморфометрического анализа рельефа при создании базы данных сельскохозяйственных земель // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 5. С. 5–13.
 19. Павлова А.И., Каличкин В.К. Базы данных для агроэкологической оценки сельскохозяйственных земель // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2018. Т. 48. № 1. С. 80–88. doi.org/10.26898/0370-8799-2018-1-11.
 20. Путилин А.Ф., Дитц Л.Ю., Кудряшова С.Я., Чичулин А.В., Шкаруба А.А. Принципы бассейновой концепции в исследовании почвенно-эрозионных процессов, запасов органического углерода в почвенном покрове лесостепи Приобья с использованием ГИС технологий // *Сибирский экологический журнал*. 2007. № 5. С. 741–751.
 21. Кудряшова С.Я., Дитц Л.Ю., Путилин А.Ф., Чичулин А.В., Шкаруба А.М., Чумбаев А.С., Миллер Г.Ф. Оценка запасов и эрозионных потерь органического углерода в почвах водосборных бассейнов лесостепи Приобья на основе // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2008. Т. 3. № 2. С. 125–127.
 22. Путилин А.Ф., Дитц Л.Ю., Кудряшова С.Я., Шкаруба А.М., Чичулин А.В. Пространственная дифференциация почвенного покрова Приобья на основе цифровой модели рельефа // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2009. Т. 4. № 2. С. 54–56.
 23. Хромых О.В., Хромых В.В. Ландшафтный анализ нижнего притома на основе ГИС: естественная динамика долинных геосистем и их изменения в результате антропогенного воздействия. Томск: Изд-во научнотехнической литературы, 2011. 160 с.
 24. Морковкин Г.Г., Литвиненко Е.А., Байкалова Т.В., Максимова Н.Б. Использование ГИС-технологий для оценки временной динамики структуры агроландшафтов и свойств почв на примере умеренно-засушливой и колючей степи Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 5 (103). С. 39–45.
 25. Морковкин Г.Г., Байкалова Т.В., Максимова Н.Б., Овцинов В.И., Литвиненко Е.А., Дёмина И.В., Дёмин В.А. Оценка временной динамики структуры агроландшафтов и по-

- казателей плодородия почв степной зоны Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 9 (107). С. 33–42.
26. Морковкин Г.Г., Байкалова Т.В., Максимова Н.Б., Овцинов В.И., Литвиненко Е.А., Дёмина И.В., Дёмин В.А. Динамика состояния почвенного покрова и показателей плодородия почв основных природно-почвенных зон Алтайского края // Вестник алтайской науки. 2015. № 1 (23). С. 212–222.
27. Платонова С.Г., Скрипко В.В., Адам А.А. Влияние морфоструктуры на рисунок эрозионной сети на Каменском выступе // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2017. № 1 (44). С. 42–52.
28. Каличкин В.К., Павлова А.И. Технология автоматизированной оценки земель сельскохозяйственного назначения для кадастровых целей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 4. С. 5–11.
29. Павлова А.И., Каличкин В.К. Автоматизированное картографирование сельскохозяйственных земель с помощью нейронной экспертной системы, интегрированной с ГИС // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 5–8.
30. Павлова А.И., Каличкин В.К. Картографирование эрозионных земель с помощью ГИС и нейронной экспертной системы // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2013. Т. 3. № 4. С. 170–173.
31. Каличкин В.К., Павлова А.И. Применение нейронной экспертной системы для классификации эрозионных земель // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 6. С. 5–11.
32. Каличкин В.К., Павлова А.И. Агрономические геоинформационные системы: монография. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 347 с.
- REFERENCES**
1. Lisetskii F.N., Svetlichnyi A.A., Chernyi S.G. *Sovremennye problemy eroziovedeniya* [Recent developments in erosion science] / pod red. A.A. Svetlichnogo. Belgorod: Konstanta Publ., 2012, 456 p.
2. Alewell C., Borrelli C.P., Meusburger K., Panagos P. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. *International Soil and Water Conservation Research*, 2019, vol. 7, no. 3, pp. 203–225. DOI: 10.1016/j.iswcr.2019.05.004.
3. Svetlichnyi A.A., Chernyi S.G., Lisetskii F.N. *Problemy erozii pochv v nauchnom nasledii G.I. Shvebsa i osnovnye napravleniya ego razvitiya* [Problem of soil erosion in the scientific legacy of H.I. Shvebs and basic directions of its development]. *Visnik Odes'kogo natsional'nogo universitetu. Geografichni ta geologichni nauki* [Odessa National University. Geography and Geology], 2009, vol. 14, no. 16, pp. 142–152. (In Russian).
4. Shvebs H.I. Rational lands utilization, conservation and monitoring. *Collection of articles by Ukrainian members of European Society for Soil Conservation*, 1993, pp. 29–34.
5. Phinzi K., Ngetar N.S. The assessment of water-borne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: A review. *International Soil and Water Conservation Research*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 27–46. DOI: 10.1016/j.iswcr.2018.12.002.
6. Jazouli A.E., Barakat A., Khellouk R., Rais J., Baghdadi M.E. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2019, vol. 13, pp. 361–374. DOI: 10.1016/j.rsase.2018.12.004.
7. Zerihun M., Mohammedyasin M.S., Sewnet D., Adem A.A., Lakew M. Assessment of soil erosion using RUSLE, GIS and remote sensing in NW Ethiopia. *Geoderma Regional*, 2018, vol. 12, pp. 83–90. DOI: 10.1016/j.geodrs.2018.01.002.
8. Ganasri B.P., Ramesh H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 2016, vol. 7, no. 6, pp. 953–961. DOI: 10.1016/j.gsf.2015.10.007.
9. Aiello A., Adamo M., Canora F. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. *CATENA*, Vol. 131, August 2015, pp. 174–185. DOI: 10.1016/j.catena.2015.04.003.
10. Sepuru T.K., Dube T. An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 2018, vol. 9, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.rsase.2017.10.005.
11. Khromykh V.V. Otsenka erozionnoi ustoi-chivosti geosistem Krapivinskogo neftyanogo mestorozhdeniya sredstvami GIS-tehnologii. *Voprosy geografii Sibiri* [Evaluation of the erosion stability of the Krapivinsky oil field geosystems using GIS technology. Questions of geography of Siberia]. Tomsk: Tomskii gos-

- darstvennyi universitet Publ., 2003, pp. 417–419. (In Russian).
12. Elizarova T.N., Ditts L.Yu., Lopatovskaya O.G. Osobennosti monitoringa prirodnykh i antropogennykh pochvennykh protsessov na Yuge Sibiri [Features of monitoring of natural and anthropogenic soil processes in the South of Siberia]. *In-terekspo Geo-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], 2005, vol. 5, pp. 101–105. (In Russian).
 13. Kashiroy M.A., Zhilina T.N., Vasil'eva M.S., Evseeva N.S. Ekologo-geomorfologicheskie issledovaniya basseina r. Basandaiki (Tomskaya oblast') [Ecological and geomorphological research of Basandaika river basin (Tomsk region)]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal], 2012, no. 362, pp. 184–188. (In Russian).
 14. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. Ispol'zovanie materialov kosmicheskoi s'emki i GIS dlya geomorfologicheskogo raionirovaniya territorii [The use of satellite imagery and GIS for geomorphological zoning of the territory]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2009, no. 11, pp. 5–14. (In Russian).
 15. Putilin A.F., Shkaruba A.M. Vodosbornyi bassein kak geosistemnaya osnova izucheniya migratsionno-veshchestvennykh potokov [Catchment basis as geosystemic basis for investigation of substance migration flows]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Contemporary Problems of Ecology], 2011, vol. 18, № 5, pp. 673–676. (In Russian).
 16. Putilin A.F., Shkaruba A.M. Vydelenie smytykh pochv vodosbornogo basseina na osnove GIS-tehnologii [Allocation of washed soils of catchment basin on the basis of GIS-technologies]. *Interexpo Geo-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], 2012, vol. 2, no. 3, pp. 114–118. (In Russian).
 17. Pavlova A.I. Primenenie metodov tsifrovogo modelirovaniya rel'efa dlya kartografirovaniya erozionnykh zemel' [The application of digital modelling of relief for an assessment of erosive danger of lands], *V mire nauchnykh otkrytii* [In the World of Scientific Discoveries], 2016, no. 2 (74), pp. 159–169. (In Russian).
 18. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. Ispol'zovanie geomorfometricheskogo analiza rel'efa pri sozdanii bazy dannykh sel'skokhozyaistvennykh zemel' [Using the geomorphometric analysis of a relief when creating a database of farmlands]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2016, no. 5, pp. 5–13. (In Russian).
 19. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. Bazy dannykh dlya agroekologicheskoi otsenki sel'skokhozyaistvennykh zemel' [Database for agroecological assessment of agricultural land]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyai-stvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 1, pp. 80–88. doi.org/10.26898/0370-8799-2018-1-11. (In Russian).
 20. Putilin A.F., Ditts L.Yu., Kudryashova S.Ya., Chichulin A.V., Shkaruba A.A. Printsipy basseinovoi kontseptsii v issledovanii pochvenno-erozionnykh protsessov, zapasov organicheskogo ugleroda v pochvennom pokrove lesostepi Priob'ya s ispol'zovaniem GIS tekhnologii [Principles of the basin concept in the investigation of soil erosion processes, resources of organic carbon in the top soil of forest-steppe near the Ob river involving GIS technologies]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal* [Siberian Journal of Ecology], 2007, no. 5, pp. 741–751. (In Russian).
 21. Kudryashova S.Ya., Ditts L.Yu., Putilin A.F., Chichulin A.V., Shkaruba A.M., Chumbaev A.S., Miller G.F. Otsenka zapasov i erozionnykh poter' organicheskogo ugleroda v pochvakh vodosbornykh basseinov lesostepi Priob'ya na osnove GIS [GIS-based estimation of organic carbon reserves and erosion damage in forest-steppe drainage basins soils of the Ob vicinity]. *Interexpo Geo-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], 2008, vol. 3, no. 2, pp. 125–127. (In Russian).
 22. Putilin A.F., Ditts L.Yu., Kudryashova S.Ya., Shkaruba A.M., Chichulin A.V. Prostranstvennaya differentsiatsiya pochvennogo pokrova Priob'ya na osnove tsifrovoy modeli rel'efa [Spatial differentiation of Priob'ya soil cover on the basis of a relief digital model]. *Interexpo Geo-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], 2009, vol. 4, no. 2, pp. 54–56. (In Russian).
 23. Khromykh O.V., Khromykh V.V. *Landshaftnyi analiz nizhnego pritoma na osnove GIS: estestvennaya dinamika dolinnykh geosistem i ikh izmeneniya v rezul'tate antropogennogo vozdeistviya* [GIS-based landscape analysis of the lower part of the Tom' river: the natural dynamics of valley geosystems and their changes as a result of anthropogenic impact]. Tomsk: Izd-vo nauchno-tehnicheskoi literatury, 2011. 160 p. (In Russian).
 24. Morkovkin G.G., Litvinenko E.A., Baikalo-va T.V., Maksimova N.B. Ispol'zovanie GIS-tehnologii dlya otsenki vremennoi dinamiki

- структуры агроландшафтов и свойств почв на примере умеренно-засушливой и колодной степи Алтайского края [Application of GIS-technologies to evaluate temporal dynamics of agro-landscape structure and soil properties by the example of temperate-arid and forest-outlier steppes of the Altai region]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2013, no. 5 (103), pp. 39–45. (In Russian).
25. Morkovkin G.G., Baikalova T.V., Maksimova N.B., Ovtsinov V.I., Litvinenko E.A., Demina I.V., Demin V.A. Otsenka vremennoi dinamiki struktury agrolandshaftov i pokazatelei plodorodiya pochv stepnoi zony Altaiskogo kraia [Evaluation of temporal dynamics of agro-landscape's structure and soil fertility indices of steppe zone of the Altai region]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Altai State Agricultural University], 2013, no. 9 (107), pp. 033–042. (In Russian).
26. Morkovkin G.G., Baikalova T.V., Maksimova N.B., Ovtsinov V.I., Litvinenko E.A., Demina I.V., Demin V.A. Dinamika sostoyaniya pochvennogo pokrova i pokazatelei plodorodiya pochv osnovnykh prirodno-pochvennykh zon Altaiskogo kraia [The dynamics of the soil cover state and the indicators of soil fertility of the major soil zones of the Altai region]. *Vestnik altaiskoi nauki* [The journal Vestnik altaiskoi nauki], 2015, no. 1(23), pp. 212–222. (In Russian).
27. Platonova S.G., Skripko V.V., Adam A.A. Vliyaniye morfostruktury na risunok erozionnoi seti na Kamenskom vystupe [Morpho structure-dependent plane view of erosion system (Kamennsky uplift as a case study)]. *Izvestiya Altaiskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society], 2017, no.1 (44), pp. 42–52. (In Russian).
28. Kalichkin V.K., Pavlova A.I. Tekhnologiya avtomatizirovannoi otsenki zemel' sel'skokhozyaistvennogo naznacheniya dlya kadastrykh tselei [Computer-aided assessing technology of agricultural lands for cadastral purposes]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2008, no. 4, pp. 5–11. (In Russian).
29. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. Avtomatizirovanoe kartografirovaniye sel'skokhozyaistvennykh zemel' s pomoshch'yu neironnoi ekspertnoi sistemy, integrirovannoi s GIS [Automated cartography of the agricultural lands with the neuron expert system, integrated with GIS]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of AIC], 2011, no. 1, pp. 5–8. (In Russian).
30. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. Kartografirovaniye erozionnykh zemel' s pomoshch'yu GIS i neironnoi ekspertnoi sistemy [The mapping of the erosion lands with GIS and neural expert system]. *Interekspo Geo-Sibir'* [Interexpo GEO-Siberia], 2013, vol. 3, no. 4, pp. 170–173. (In Russian).
31. Kalichkin V.K., Pavlova A.I. Primeneniye neironnoi ekspertnoi sistemy dlya klassifikatsii erozionnykh zemel' [Application of neural expert system to classify erodible land]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2014, no. 6, pp. 5–11. (In Russian).
32. Kalichkin V.K., Pavlova A.I. *Agronomicheskie geoinformatsionnye sistemy: monografiya* [Geoinformation systems in agronomy]. Novosibirsk: SFNTsA RAN Publ., 2018. 347 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Савельева Д.А., младший научный сотрудник; e-mail: erat.vrma.project@gmail.com

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** 630501, Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: kvk@ngs.Ru

AUTHOR INFORMATION

Savelieva D.A., Junior researcher; e-mail: erat.vrma.project@gmail.com

✉ **Kalichkin V.K.**, Doctor of science in agriculture, head researcher; **address:** po box 463, sfsca ras, krasnoobsk, novosibirsk region, 630501, russia; e-mail: kvk@ngs.Ru

Дата поступления статьи 20.04.2019
Received by the editors 20.04.2019



DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-11

УДК: 636.1:01

АДАПТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЖНО-ВОЛОСЯНОГО ПОКРОВА ЛОШАДЕЙ ЗАБАЙКАЛЬСКОЙ АБОРИГЕННОЙ ПОРОДЫ

Шкуратова Г.М., Базарон Б.З., Хамируев Т.Н., Дашинимаяев С.М.

Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Забайкальский край, г. Чита, Россия

Для цитирования: Шкуратова Г.М., Базарон Б.З., Хамируев Т.Н., Дашинимаяев С.М. Адаптивные изменения кожно-волосяного покрова лошадей забайкальской аборигенной породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 101–105. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-11

For citation: Shkyratova G.M., Bazaron B.Z., Khamiruev T.N., Dashinimaev S.M. Adaptivnye izmeneniya kozhno-volosyanogo pokrova loshadei Zabaikal'skoi aborigennoi porody [Adaptive changes of the hair coat of the horses of Zabaykalsky aboriginal breed]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2019, vol. 49, no. 4, pp. 101–105. DOI: 10.26898/0370-8799-2019-4-11

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Изучены сезонные изменения толщины кожи и структуры волосяного покрова лошадей, как признаки адаптации к факторам окружающей среды. Эксперимент проведен при табунно-тебеновочной технологии содержания скота без дополнительных подкормок в природно-климатических условиях Забайкальского края. Объект исследований – взрослые кобылы забайкальской породы одного возраста, классности и упитанности. Исследования проводили в середине каждого сезона (май, июль, октябрь, февраль). Длину волос измеряли штангенциркулем, толщину кожной складки, волосяной покров с определением соотношения волос (пух, переходный волос, ость) – в соответствии с утвержденными методическими рекомендациями. Минимальная толщина кожи зимой выявлена у кобыл на спине и лопатке – 4,3 и 4,4 мм, максимальная – на боку и ляжке – 4,5 и 4,6 мм. При сравнении с

ADAPTIVE CHANGES OF THE HAIR COAT OF THE HORSES OF ZABAYKALSKY ABORIGENOUS BREED

Shkyratova G.M., Bazaron B.Z., Khamiruev T.N., Dashinimaev S.M.

Research Institute of Veterinary Medicine of Eastern Siberia – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Trans-Baikal Territory, Russia

The seasonal changes in the skin thickness and structure of the horses' coat, as signs of adaptation to environmental factors, were studied. The experiment was carried out with the livestock kept in a herd using winter-grazing technology without additional feedings in the climatic conditions of the Trans-Baikal Territory. The objects of the research were adult mares of Zabaykalsky breed of horses of the same age, class and fatness. The studies were carried out in the middle of each season (May, July, October, February). The length of the coat was measured with a caliper, the coat itself with the determination of the ratio of hair (fluffy hair, heterotype hair and coarse hair) and the thickness of the skin fold were measured in accordance with the approved methodological recommendations. The minimum skin thickness in winter was detected in mares on the back and shoulder blade – 4.3 and 4.4 mm, the maximum – on the side and thigh – 4.5-

летним периодом увеличение на боку составляло 0,8 мм, спине, лопатке и ляжке – 0,4 мм ($p \leq 0,001$). В весенний период также отмечено утолщение кожи на этих же топографических участках в пределах 0,1–0,3 мм по сравнению с осенним. Количественные показатели волосяного покрова изменялись в зависимости от сезона года. В зимний период в волосяном покрове пуха содержалось больше (23,10%), но меньше остевых волос (68,24%), летом отмечено меньшее содержание пуха (4,33%), но большее остевых – 94,01%. По длине волос отмечены резкие сезонные изменения. Наиболее длинные волосы обнаружены зимой и весной – 4,96 и 4,26 см, самые короткие летом и осенью – 0,94 и 1,90 см соответственно.

Ключевые слова: взрослые кобылы, кожная складка, волосяной покров, пух, переходный волос, ость

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации разводят ряд аборигенных пород лошадей, которые обладают уникальными морфофизиологическими характеристиками. Сохранение генофонда этих лошадей определяет развитие животноводческой отрасли в социальном, культурном, экономическом и экологическом аспектах [1, 2].

Особенность содержания забайкальских аборигенных лошадей – пастбищное размещение, при котором они предоставлены самим себе в выборе места обитания. При такой технологии, созданной многовековой практикой местных коневодов, наиболее полно проявляются приспособительные качества забайкальских лошадей к местным

4.6 мм. When compared with the summer period, the increase on the side was 0.8 mm, whereas on the back, shoulder blade and thigh – 0.4 mm ($p \leq 0,001$). In spring, thickening of the skin was noted within 0.1-0.3 mm in the same topographic areas, compared to autumn. The quantitative indicators of the coat changed depending on the season of the year. In winter, the coat contained more fluffy hair (23.10%), and less coarse hair (68.24%), in summer there was a lower content of fluffy hair (4.33%), but more coarse hair (94.01%). Sharp seasonal changes were noted with regard to the length of the hair. The longest hair was found in winter and spring – 4.96 and 4.26 cm, whereas the shortest – in summer and autumn – 0.94 and 1.90 cm, respectively.

Keywords: adult mares, skin fold, coat, fluffy hair, heterotype hair, coarse hair

крайне суровым природно-климатическим условиям¹ [3]. В связи с этим актуально изучение аборигенных пород лошадей, адаптированных к условиям среды обитания². По мнению исследователей [4], недостаточная изученность лошадей Центральной и Восточной Азии не позволяет точно определить, где начался процесс одомашнивания. Авторы³ [5, 6] считают, что первыми лошадьми одомашнили представители ботайской культуры 5500 лет до н.э. (Казахстан).

Морфология волос животных, имеющих различную структуру в зависимости от топографического расположения у одного и того же вида животного (региональное происхождение), изучена недостаточно⁴.

В регуляции и поддержании энергетического баланса организма лошадей значитель-

¹Хамируев Т.Н., Базарон Б.З. Генофонд аборигенных лошадей забайкальской породы // Географические исследования экономических районов ресурсно-периферийного типа: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Чита: ИПРЭК СО РАН, 2012. С. 155–158.

²Воронкова В.Н., Столповский Ю.А. Оценка генетического разнообразия аборигенных пород Саяно-Алтайского региона с использованием ядерных и митохондриальных ДНК-маркеров // Аборигенное коневодство России: история, современность, перспективы: сборник научных трудов по материалам II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Архангельск, 2018. С. 60–69.

³Мейрамкулова К.С. Казахская лошадь: история и современное состояние // Аборигенное коневодство России: история, современность, перспективы: сборник научных трудов по материалам II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Архангельск, 2018. С. 105–110.

⁴Горбунова Н.Д. Изучение элементарного состава волоса лошади // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых. СО РАСХН. Новосибирск, 2006. С. 330–332.

ная роль принадлежит кожно-волосяному покрову, который первым непосредственно контактирует с внешней средой и воспринимает ее воздействия.

Цель исследования – изучить сезонные изменения толщины кожи и структуры волосяного покрова лошадей забайкальской породы, как признак адаптации к факторам окружающей среды.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в генофондном хозяйстве агрокооперативной фирмы «им. Ленина» Могойтуйского района Забайкальского края. Объект исследований – взрослые кобылы забайкальской породы. Толщину кожной складки измеряли штангенциркулем на боку, спине, ляжке и лопатке по методу В.А. Арзуманяна. Волосяные пробы брали методом сострига на этих же топографических участках тела животного с определением соотношения волос (пух, переходный волос, ость) согласно методическим рекомендациям Т.В. Нечиненной, В.С. Куланова и др. Длину волос определяли в абсолютном состоянии при помощи штангенциркуля с точностью до 1 мм. Биометрическая обработка полученных цифровых материалов проводилась методом вариационной статистики⁵.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты исследований по изучению толщины кожной складки у кобыл

на разных участках тела свидетельствуют о том, что минимальная толщина кожи зимой выявлена на спине и лопатке – 4,3 и 4,4 мм, максимальная – на боку и ляжке – 4,5 и 4,6 мм (см. табл. 1).

При сравнении с летним периодом толщина кожи зимой увеличилась на боку на 0,8 мм, спине, лопатке и ляжке на 0,4 мм. Разница статистически достоверная ($p < 0,001$). Такая же тенденция наблюдалась при сравнении зимнего и весеннего и зимнего и осеннего периодов года.

Утолщение кожной складки в зимний период можно объяснить тем, что под кожей находится соединительно-тканый слой, в котором откладывается жир и во время осеннего нагула лошадей происходит наращивание мышечной ткани и отложение жира, в связи с этим кожа становится толще, что обуславливает аборигенной забайкальской лошади ее приспособление к суровым условиям зимнего содержания.

Наиболее полно можно судить о приспособительных качествах кобыл по данным волосяного покрова. Изменения морфологического состава волосяного покрова являются одной из адаптивных реакций животных к условиям окружающей среды. Пух, отличающаяся более низкой теплопроводностью, чем ость и переходный волос, улучшает теплоизоляционные качества шерстного покрова и создает подшерсток, который защищает организм животного от переохлаждения.

Табл. 1. Изменение толщины кожной складки у кобыл по сезонам года, мм

Table 1. Change of skin fold thickness in mares according to seasons, mm

Место измерения	Сезон года			
	зима	весна	лето	осень
Бок	4,5 ± 0,04	4,3 ± 0,05	3,7 ± 0,06	4,0 ± 0,07
Спина	4,3 ± 0,03	4,2 ± 0,06	3,9 ± 0,07	4,1 ± 0,08
Лопатка	4,4 ± 0,03	4,3 ± 0,06	4,0 ± 0,06	4,2 ± 0,06
Ляжка	4,6 ± 0,05	4,4 ± 0,04	4,2 ± 0,05	4,2 ± 0,08

⁵Яковенко А.М., Антоненко Т.И., Селионова М.И. Биометрические методы анализа качественных и количественных признаков в зоотехнии; учебное пособие. Ставрополь: АГРУС, 2013. 91 с.

Табл. 2. Сезонные изменения волосяного покрова у кобыл

Table 2. Seasonal changes in the coat of mares

Показатель волосяного покрова	Сезон года			
	зима	весна	лето	осень
Пух, %	23,10	4,44	4,33	5,12
Переходный волос, %	8,66	3,26	1,66	4,58
Ость, %	68,24	92,30	94,01	90,30
Длина волос, см	4,96 ± 0,05	4,26 ± 0,07	0,94 ± 0,09	1,90 ± 0,08

Ю.Ю. Коломеев и др. [7] изучали волосяной покров у молодняка лошадей хакасской породы в возрасте 9 и 21 мес в зимний период (январь). По их данным в возрасте 9 мес количество волос составило: пуховых 77,79%, переходных 15,12 и остевых 7,09%, в 21 мес – 44,05; 45,56 и 10,39% соответственно.

А.С. Семёнов и О.С. Попцова [8] при изучении волосного покрова собак служебных пород (немецкой и бельгийской овчарок) и изменения его структуры в зависимости от породной принадлежности в различные сезоны года установили, что собаки породы бельгийская овчарка имеют более оптимальную структуру волосяного покрова, максимально приспособленную к температурным условиям летом и зимой. Это позволяет использовать их в качестве служебных животных в климатических условиях Западного Урала.

Полученные данные по взрослым кобылам показывают, что количественные показатели волосяного покрова имеют различия и изменяются в зависимости от сезона года. (см. табл. 2).

Так, при сравнении зимнего и летнего периодов года количество пуховых волос зимой составило 23,10%, остевых – 68,24 и переходных – 8,66%, т.е. содержалось больше пуха и меньше ости. Летом в волосяном покрове пух составил 4,33%, ость – 94,01 и переходный волос 1,66%, т.е. меньше пуха и больше ости.

Для лошадей забайкальской породы характерны резкие сезонные изменения длины волос. Наиболее длинные волосы обнаружены зимой – 4,96 см, и весной – 4,26 см,

а самые короткие летом и осенью – 0,94 и 1,90 см соответственно ($p < 0,001$). Длинные волосы у кобыл в зимний период года предохраняют их от переохлаждения, что характеризует их адаптивное значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сезонные изменения кожно-волосяного покрова, а именно утолщение кожной складки в зимний и весенний периоды года и лучшее развитие волосяного покрова в осенне-зимний период, обуславливают приспособленность лошадей аборигенной забайкальской породы к суровым условиям резко континентального климата Забайкальского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев А.М., Храброва Л.А. Сохранение генофонда отечественного коневодства // Коневодство и конный спорт. 2016. № 2. С. 4–6.
2. Калашиников Р.В., Калашиников В.В. Развитие табунного коневодства в России // Коневодство и конный спорт. 2011. № 9. С. 8–11.
3. Базарон Б.З., Хамируев Т.Н., Дашинимаев С.М. Продуктивные и адаптационные качества молодняка лошадей забайкальской породы // Коневодство и конный спорт. 2015. № 1. С. 28–30.
4. Warmuth V., Eriksson A., Bower M.A., Canon J., Cothran G., Dist O., Glowatzki-Mullis M-L., Hunt H., Luis C., Oom M.M., Yupanqui I.T., Zabek T., Manica A. European domestic horses originated in two Holocene Refugia // PLoS One. 2011. Vol. 6, N 3. e18194. DOI: 10.1371/journal.pone.0018194
5. Gaunitz C., Fages A., Hanghuij K., Albrecht-sen A., Khan N., Schubert M., Seguin-Orlando A., Owens I.J., Felkel S., Bignon-Lau O., de Barros Damgaard P., Mittnik A., Mohaseb A.F.,

- Davoudi H., Alquraishi S., Alfarhan A.H., Al-Rasheid K.A.S., Crubžy E., Benecke N., Olsen S., Brown D., Anthony D., Massy K., Pitulko V., Kasparov A., Brem G., Hofreiter M., Mukhtarova G., Baimukhanov N., Lxugas L., Onar V., Stockhammer P.W., Krause J., Boldgив B., Undrakhbold S., Erdenebaatar D., Lepetz S., Mashkour M., Ludwig A., Wallner B., Merz V., Merz I., Zaibert V., Willerslev E., Librado P., Outram A.K., Orlando L.* Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and Przewalski's horses // *Science*. 2018. Vol. 360. N 6384. P. 111–114. DOI: 10.1126/science.aao3297.
6. *Ludwig A., Pruvost M., Reissmann M., Benecke N., Brockmann G.A., Castacos P., Cieslak M., Lippold S., Liovente L., Malaspinas A.S., Slatkin M., Hofreiter M.* Coat color variation at the beginning of horse domestication // *Science*. 2009. Vol. 324. N 5926. P. 485. DOI: 10.1126/science.1172750
7. Колемеев Ю.Ю., Волков А.Д. Табунное коневодство Хакасии: монография. Новосибирск: СО РАСХН, 2013. 168 с.
8. Семёнов А.С., Попцова О.С. Особенности структуры волосного покрова у собак служебных пород // *Пермский аграрный вестник*. 2013. № 4. С. 45–47
2. Kalashnikov R.V., Kalashnikov V.V. Razvitiye tabunnogo konevodstva v Rossii [Development of herd horse breeding in Russia]. *Konevodstvo i konnyi sport* [Journal Konevodstvo i konnyi sport], 2011, no. 9, pp. 8–11. (In Russian).
3. Basaran B.Z., Hamroev T.N., Dashinimaeva S.M. Produktivnye adaptatsionnye kachestva molodnyaka loshadei Zabaikal'skoi porody [Productivity and adaptability of young stock of Zabaikalskaya horse breeds]. *Konevodstvo i konnyi sport* [Journal Konevodstvo i konnyi sport], 2015, no. 1, pp. 28–30. (In Russian).
4. Warmuth V., Eriksson A., Bower M.A., Canon J., Cothran G., Dist O., Glowatzki-Mullis M-L., Hunt H., Luis C., Oom M.M., Ypanqui I.T., Zabek T., Manica A. European domestic horses originated in two Holocene Refugia. *PLoS One*, 2011, vol. 6, no. 3, e18194. DOI:10.1371/journal.pone.0018194 .
5. Gauntz C., Fages A., Hanghuij K., Albrechtsen A., Khan N., Schubert M., Seguin-Orlando A., Owens I.J., Felkel S., Bignon-Lau O., de Barros Damgaard P., Mitnik A., Mohaseb A.F., Davoudi H., Alquraishi S., Alfarhan A.H., Al-Rasheid K.A.S., Crubžy E., Benecke N., Olsen S., Brown D., Anthony D., Massy K., Pitulko V., Kasparov A., Brem G., Hofreiter M., Mukhtarova G., Baimukhanov N., Lxugas L., Onar V., Stockhammer P.W., Krause J., Boldgив B., Undrakhbold S., Erdenebaatar D., Lepetz S., Mashkour M., Ludwig A., Wallner B., Merz V., Merz I., Zaibert V., Willerslev E., Librado P., Outram A.K., Orlando L. Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and Przewalski's horses. *Science*, 2018, vol. 360, no. 6384. pp. 111–114. DOI: 10.1126/science.

REFERENCES

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ Шкуратова Г.М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; адрес для переписки: Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита, ул. Кирова 49, а/я 470, e-mail: vetinst@mail.ru

Базарон Б.З., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, e-mail: solbonmd@mail.ru

Хаамируев Т.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, e-mail: tnk0979@mail.ru

Дашинимаев С.М., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, e-mail: solbonmd@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ Shkyratova G.M. Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher, address: 49 Kirova street, Chita, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: vetinst@mail.ru

Bazaron B.Z. Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; e-mail: solbonmd@mail.ru

Khamiruev T.N. Candidate of Science in Agriculture, Associate Professor, Lead Researcher; e-mail: tnk0979@mail.ru

Dashinimaev S.M. Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher, e-mail: solbonmd@mail.ru

Дата поступления статьи 18.06.2019
Received by the editors 18.06.2019

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуется руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуется письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполнении представляемой работы и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы
- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи (не более 70 знаков)

Фамилия и инициалы автора, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну). Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса. Необходимо официальное англоязычное название учреждения для блока информации на английском языке.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

Введение (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

Материалы и методы (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

Результаты и обсуждение

Заключение или Выводы

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств. В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, транслитерация названия статьи [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], транслитерация названия русскоязычного источника [перевод названия источника на английский язык], через запятую город, транслитерация названия издательства [перевод на английском языке], год, количество страниц (для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bis>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Nazvanie stat'i [Title of article].

транслитерация авторов транслитерация статьи название статьи на английском

Zaglavie jurnala [Title of Journal], 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

транслитерация источника название источника на английском языке

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

REFERENCES

Монография

Klimova E.V. *Polevye kul'tury Zabaikal'ya* [Field crops of Zabaikalya]. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimal'naya obrabotka kulisnogo para pod yarovuyu pshenitsu pri intensifikatsii zemledeliya v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri. [Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia] *Resursosberegayushchie sistemy obrabotki pochvy* [Resource-saving tillage systems]. Moscow, Agropromizdat [Agro-industrial press], 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Tekhnologicheskie kachestva zerna myagkoi yarvoi pshenitsy v zavisimosti ot sistemy obrabotki pochvy [Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage]. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* [Siberian Herald of Agricultural Science], 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст.¹

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (Zea mays L.) field using UAS images // *Remote Sensing*. 2017. Vol. 9, P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

БЛАГОДАРНОСТИ

В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. Выравнивается по центру: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после подрисуночной подписи не ставится. Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке.

Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название. Выравнивается по центру: «Табл. 2. Описание

жизненно важных процессов». Точка после заголовка таблицы не ставится. Перевод заголовка таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (W , Z , m , n и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте. В описании файла следует отдельно привести подрисуночную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться авторам без рассмотрения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранения замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзыванная статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

*Подписка на журнал
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
принимается в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»
и в других организациях, осуществляющих прием подписки*

*В каталоге «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
подписной индекс 46808*

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>*

THE SCIENTIFIC JOURNAL

SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ESTABLISHED IN 1971

Volume 49, No 4 (269)



2019
July-August

Editor-in-Chief A.S. DONCHENKO, RAS Member
Deputy Editor-in-Chief O.N. ZHITELEVA

EDITORIAL BOARD:

V.V. Alt	RAS Member, Novosibirsk, Russia
O.S. Afanassenko	RAS Member, Saint-Petersburg, Russia
A.N. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.G. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.P. Goncharov	RAS Member Novosibirsk, Russia
I.M. Gorobey	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Gulyukin	RAS Member, Moscow, Russia
V.N. Delyagin	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
I.M. Donnik	RAS Member, Moscow, Russia
N.A. Donchenko	Doctor of Science in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
N.M. Ivanov	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
A. Yu. Izmailov	RAS Member, Moscow, Russia
V.K. Kalichkin	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
N.I. Kashevarov	RAS Member, Novosibirsk, Russia
S.N. Mager	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
S.P. Ozornin	Doctor of Science in Engineering, Chita, Russia,
V.L. Petukhov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
R.I. Polyudina	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Selionova	Doctor of Science in Biology, Stavropol, Russia
V.A. Soloshenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.A. Surin	RAS Member, Krasnoyarsk, Russia
I.F. Khramtsov	RAS Member, Omsk, Russia
I.N. Sharkov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

V.V. Azarenko	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Science in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Academy of Agricultural Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia
A.M. Nametov	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
V. Nikolov	Professor Doctor, Chairman of the Agricultural Academy of the Republic of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" has been included on the Higher Certification Commission (VAK) List of Russian Reviewed Scientific Periodicals issued in the Russian Federation, in which major scientific results of theses for doctor and candidate degrees should be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and put in the catalogue Ulrich's Periodicals Directory, Bowker, USA.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) based on Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*
Corrector *V.E. Selianina*, Desktop Publisher *N.U. Borisko*
Translator *E.A. Pomanova*

Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media, Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,

Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2019

© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019

THE SCIENTIFIC JOURNAL

SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
ESTABLISHED IN 1971

Volume 49, No 3 (268)



2019
May – June

Editor-in-Chief A.S. DONCHENKO, RAS Member
Deputy Editor-in-Chief O.N. ZHITELEVA

EDITORIAL BOARD:

V.V. Alt	RAS Member, Novosibirsk, Russia
O.S. Afanassenko	RAS Member, Saint-Petersburg, Russia
A.N. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.G. Vlasenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.P. Goncharov	RAS Member Novosibirsk, Russia
I.M. Gorobey	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Gulyukin	RAS Member, Moscow, Russia
V.N. Delyagin	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
I.M. Donnik	RAS Member, Moscow, Russia
N.A. Donchenko	Doctor of Science in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
N.M. Ivanov	Doctor of Science in Engineering, Novosibirsk, Russia
A. Yu. Izmailov	RAS Member, Moscow, Russia
V.K. Kalichkin	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
N.I. Kashevarov	RAS Member, Novosibirsk, Russia
S.N. Mager	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
S.P. Ozornin	Doctor of Science in Engineering, Chita, Russia
V.L. Petukhov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia
R.I. Polyudina	Doctor of Science in Agriculture, Novosibirsk, Russia
M.I. Selionova	Doctor of Science in Biology, Stavropol, Russia
V.A. Soloshenko	RAS Member, Novosibirsk, Russia
N.A. Surin	RAS Member, Krasnoyarsk, Russia
I.F. Khrantsov	RAS Member, Omsk, Russia
I.N. Sharkov	Doctor of Science in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

V.V. Azarenko	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Science in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Academy of Agricultural Sciences, Ulaanbaatar, Mongolia
A.M. Nametov	Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
V. Nikolov	Professor Doctor, Chairman of the Agricultural Academy of the Republic of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

The scientific journal “Siberian Herald of Agricultural Science” has been included on the Higher Certification Commission (VAK) List of Russian Reviewed Scientific Periodicals issued in the Russian Federation, in which major scientific results of theses for doctor and candidate degrees should be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and put in the catalogue Ulrich’s Periodicals Directory, Bowker, USA.

The “Siberian Herald of Agricultural Science” is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) based on Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*
Corrector *V.E. Selianina*, Desktop Publisher *N.U. Borisko*
Translator *E.A. Pomanova*

Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media, Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District,

Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

© Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, 2019

© Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019