

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 633.11+631.53.04

EDN YJOCVS

DOI: 10.22450/19996837_2023_2_5

**Влияние дифференцированного посева
на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы**

**Владимир Иванович Беляев¹, Виктор Эммануилович Буксман²,
Виктор Викторович Садов³, Андрей Алексеевич Смышляев⁴,
Андрей Викторович Тур⁵**

^{1,3,4} Алтайский государственный аграрный университет, Алтайский край, Барнаул, Россия

² Amazonen-Werken, Нижняя Саксония, Хасберген, Германия

⁵ Представительство Amazonen-Werken по Сибири и Дальнему Востоку

Новосибирская область, Новосибирск, Россия

¹ prof-belyaev@ya.ru, ² Dr.Viktor.Buxmann@amazone.de,

³ sadov.80@mail.ru, ⁵ tur_andrej@mail.ru

Аннотация. При полевых экспериментальных исследованиях рассмотрено влияние норм внесения семян и доз внесения минеральных удобрений по зонам почвенного плодородия исследуемого участка на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы в условиях Алтайского края. Для выбора оптимальных параметров эксперимента, обеспечивающих достоверное получение данных, был реализован полнофакторный эксперимент для трех факторов. В течение вегетационного периода определены запасы влаги в метровом слое для каждого экспериментального участка. На основании наложения графических зависимостей количества семян, удобрений и полученной урожайности по зонам почвенного плодородия выявлена значимость исследуемых факторов и установлены их рациональные сочетания, обеспечивающие достижение максимальной урожайности. Подтверждено, что наиболее существенное влияние на водный режим почвы и урожай яровой пшеницы из исследуемых факторов оказывает зона почвенного плодородия. Доказана высокая эффективность правильного применения дифференцированного посева и внесения минеральных удобрений. Так, диапазон изменения урожайности составил 28,6–41,5 ц/га.

Ключевые слова: почвенное плодородие, водный режим, норма внесения семян, доза внесения минеральных удобрений, дифференцированный посев, урожайность

Для цитирования: Беляев В. И., Буксман В. Э., Садов В. В., Смышляев А. А., Тур А. В. Влияние дифференцированного посева на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 2. С. 5–12. doi: 10.22450/19996837_2023_2_5.

Original article

**The effect of differentiated sowing
on the water regime of the soil and the yield of spring wheat**

**Vladimir I. Belyaev¹, Viktor E. Buxsman², Viktor V. Sadov³,
Andrei A. Smyshlyayev⁴, Andrei V. Tur⁵**

^{1,3,4} Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russia

² Amazonen-Werken, Lower Saxony, Hasbergen, Germany

⁵ Amazonen-Werken Representative Office in Siberia and the Far East
Novosibirsk region, Novosibirsk, Russia

¹ prof-belyaev@ya.ru, ² Dr.Viktor.Buxmann@amazone.de,

³ sadov.80@mail.ru, ⁵ tur_andrej@mail.ru

Abstract. The influence of seed application rates and doses of mineral fertilizers in the zones of soil fertility of the studied area on the water regime of the soil and the yield of spring wheat in the conditions of the Altai krai is considered during field experimental studies. To select the optimal experimental parameters that ensure reliable data acquisition, a full-factor experiment was implemented for three factors. Moisture reserves in the meter layer for each experimental site were determined during the growing season. Based on the superimposition of graphical dependencies of the amount of seeds, fertilizers and the yield obtained by soil fertility zones, the significance of the studied factors was revealed and their rational combinations were established to ensure maximum yield. It has been confirmed that the soil fertility zone has the most significant impact on the water regime of the soil and the yield of spring wheat among the studied factors. The high efficiency of the correct application of differentiated sowing and the application of mineral fertilizers has been proven. For example, the range of yield changes was 28.6–41.5 c/ha.

Keywords: soil fertility, water regime, the rate of application of seeds, the dose of mineral fertilizers, differentiated sowing, yield

For citation: Belyaev V. I., Buksman V. E., Sadov V. V., Smyshlyaev A. A., Tur A. V. Vliyaniye differentsirovannogo poseva na vodnyi rezhim pochvy i urozhainost' yarovoi pshenitsy [The effect of differentiated sowing on the water regime of the soil and the yield of spring wheat]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 2: 5–12 (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_2_5.

Введение. Уровень урожайности и качество зерна во многом зависят от погодных условий, плодородия почвы и применяемых технологий [1–3]. Повысить эффективность производства можно различными способами, в частности, увеличением урожайности и снижением средних затрат на единицу продукции. И растениеводство не является в данном случае исключением, а внедрение современных технологий возделывания и технических средств позволяет достичь этой цели.

В качестве примера оптимизации, наращивания потенциала урожайности и снижения издержек можно привести широко распространенные технологии возделывания «No-till», «Strip-till» или «Mini-till», а также новое направление в растениеводстве – дифференцированный посев. Данный способ сева предполагает изменение нормы высеваемого посевного материала и доз внесения удобрений в зависимости от зон почвенного плодородия поля.

Основная гипотеза исследования сформулирована следующим образом: *существует влияние дифференцированного посева и внесения стартовых доз минеральных удобрений с учетом зон почвен-*

ного плодородия поля на водный режим почвы и урожайность яровой пшеницы в условиях Алтайского края.

Цель исследования – *определение зависимостей, характеризующих количество внесенных семян и удобрений на водный режим почвы по зонам почвенного плодородия на урожайность пшеницы.*

Методика исследования. Полевой опыт по изучению влияния различных вариантов нормы высева семян и внесения минеральных удобрений на развитие растений, формирование урожая и качество зерна был проведен в ООО «Чарышское» Усть-Калманского района Алтайского края в 2022 г. Данные его результатов были получены с поля, где возделывался сорт яровой пшеницы «Бурани» на общей площади 411,9 га. Посев проводился с 5 по 8 мая 2022 г. Стартовая доза удобрений была внесена в рядок вместе с посевным материалом при посеве. Посев выполнялся агрегатом, состоящим из трактора New Holland 9040 и универсальной сеялки Amazone DMC Primera 12000-2С.

Закладка опыта была выполнена в трех зонах почвенного плодородия поля (рис.1) при трех различных сочетаниях норм высева семян (133; 152 и 171 кг/га)

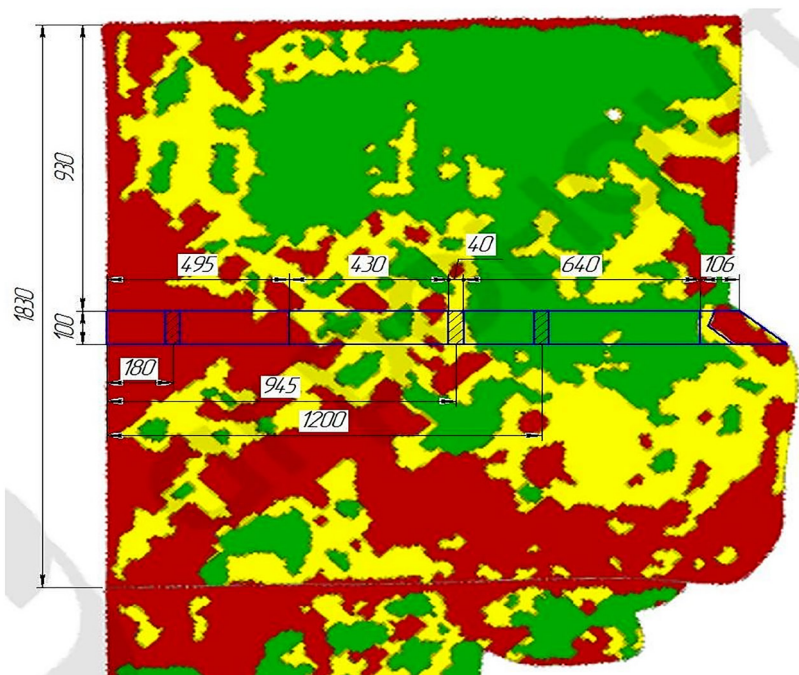


Рисунок 1 – Карта опытного поля с зонами плодородия
Figure 1 – Map of the experimental field with fertility zones

и трех дозах внесения аммиачной селитры (80; 100 и 120 кг/га) (табл. 1). Таким образом, был реализован полнофакторный эксперимент 3³. Всего 27 вариантов [4, 5].

В полевом опыте использованы карты зон почвенного плодородия поля, которые были подготовлены компанией ООО «Агроноут». Опытные участки отмечены

линиями, а площадки измерений заштрихованы (рис. 1).

В 2022 г. распределение температур и осадков (по данным ближайшей метеостанции с. Усть-Калманка, 7 км от хозяйства), а также их многолетние значения были следующими (табл. 2 и 3).

Таблица 1 – План-матрица полевого опыта для каждой из трех зон почвенного плодородия на поле

Table 1 – Plan-matrix of field experience for each of the three zones of soil fertility in the field

Номер опыта	Факторы и уровни варьирования		Норма высева семян, млн. шт./га
	норма высева семян, кг/га	доза внесения удобрений, кг/га	
1	152	80	3,90
2	152	100	3,90
3	152	120	3,90
4	133	100	3,42
5	171	100	4,39
6	133	80	3,42
7	171	120	4,39
8	133	120	3,42
9	171	80	4,39

Таблица 2 – Количество осадков за вегетационный период в 2022 г.

Table 2 – The amount of precipitation for the growing season in 2022

Месяц	Сумма осадков по декадам, мм			Всего, мм	Средние многолетние, мм	В процентах от средних многолетних
	I	II	III			
Май	0,3	2	2	4	52	8
Июнь	27	46	6	79	46	172
Июль	18	17	26	61	72	85
Август	11	31	2	44	40	110
Всего	–	–	–	188	210	112

Таблица 3 – Средние температуры за вегетационный период в 2022 г.

Table 3 – Average temperatures for the growing season in 2022

Месяц	Средние температуры по декадам, °С			В среднем, мм	Средние многолетние, °С	В процентах от средних многолетних
	I	II	III			
Май	12,6	18,9	20,3	17,4	12,8	136
Июнь	14,0	20,9	22,2	19,0	18,2	104
Июль	18,6	18,8	20,4	19,3	20,1	96
Август	19,4	15,7	15,3	16,8	18,2	92
В среднем	–	–	–	18,1	17,3	105

Из анализа таблиц 2 и 3 следует, что с мая по август количество осадков в условиях года было ниже среднего многолетнего на 22 мм (12 %), а средняя температура выше на 0,8 °С (5 %). Причем, если в мае выпало всего 8 % нормы осадков, то в июне – 170 % от нормы. Наибольшее отклонение температуры от многолетней наблюдали в мае (36 % от нормы), а минимальное отклонение – в период с июня по июль (4–6 % от нормы).

Проведенные замеры из почвенных образцов показали, что по состоянию на 7 мая влажность почвы на опытном поле распределялась по слоям и зонам относительно равномерно.

Исходная обеспеченность почвы элементами питания приведена в таблице 4 (протокол испытаний Центра агрохимической службы «Алтайский» №131/1).

Согласно классификации, данные показатели соответствуют следующим уровням обеспеченности почвы элементами питания: по азоту – низкое; по фосфору – высокое; по калию – среднее.

Результаты исследования. В условиях низкой влагообеспеченности на опытном поле во всех вариантах получены достаточно неравномерные значения глубины заделки семян, высоты растений и количества всходов. Вариация их в среднем составила 19,0; 13,9 и 16,0 % соответственно. Средняя полевая всхожесть семян пшеницы на опытных делянках была невысокой и изменялась в пределах от 39,9 до 65,4 %.

По результатам измерения влажности почвы за вегетацию и запасов влаги по опытному участку построена графическая зависимость (рис. 2). Варианты опыта с номерами 1–9 были отобраны в зоне низкого плодородия, 10–18 – в зоне среднего плодородия, а образцы с номерами 19–27 – в зоне высокого плодородия.

Анализ динамики влагозапасов в метровом слое почвы указывает на ее значимое различие по вариантам опытов за период вегетации. Кроме того, динамика выпадения осадков по вегетации и развитие растений по вариантам опытов также

Таблица 4 – Обеспеченность зон почвенного плодородия элементами питания
Table 4 – Supplying of soil fertility zones with nutrients

Площадь поля, га	Зона почвенного плодородия	Массовая доля азота нитратов, мг/кг	Массовая доля фосфора, мг/кг	Массовая доля калия, мг/кг	Массовая доля серы, мг/кг
411,9	низкая	7,8	158,6	75,3	1,8
	средняя	6,3	225,7	88,3	2,0
	высокая	6,5	200,0	90,3	1,6
В среднем		6,9	194,8	84,6	1,8

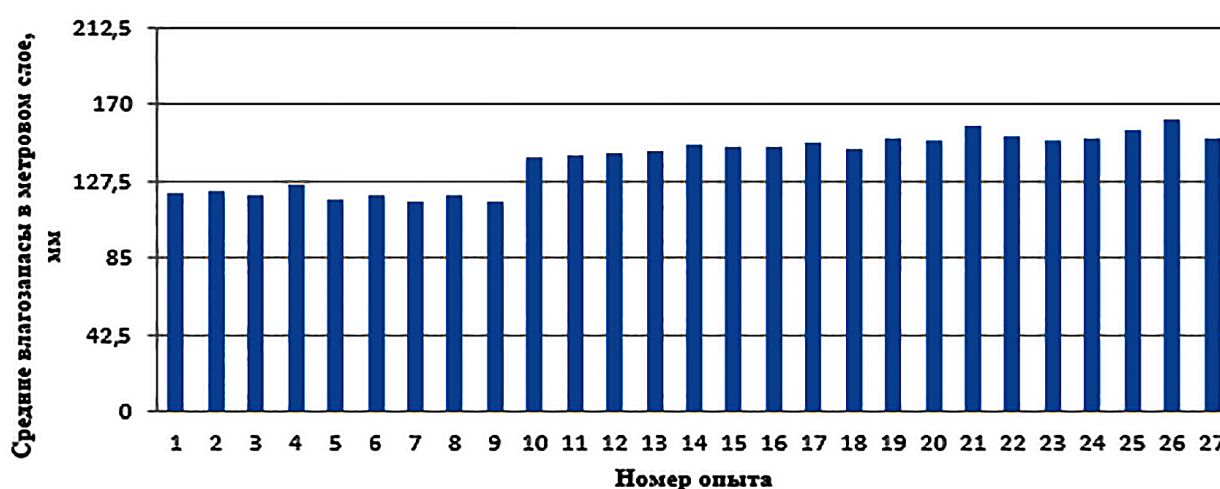


Рисунок 2 – Средние запасы влаги в метровом слое почвы за период вегетации по опытным участкам
Figure 2 – Average moisture reserves in a meter layer of soil during the growing season for experimental plots

значимо влияла на водный режим почвы. На это указывает динамика изменения влагозапасов.

Так, если 7 мая различие в общих средних влагозапасах по зонам плодородия почвы составляло 18,0; 31 мая – 24,1, то 15 июня уже 67,5 мм. В дальнейшем (6 июля, 19 июля, 4 августа) наблюдалось снижение различий во влагозапасах: 44,6; 39,1 и 24,1 мм соответственно.

В среднем за вегетацию максимальные влагозапасы были определены в зоне высокого плодородия почвы (153,5 мм), а минимальные – в зоне низкого плодородия (119,7 мм). Различия статистически высоко значимы.

По различным нормам высева семян в среднем за вегетацию различия во влаго-

запасах не существенны (138,3–141,1 мм), также, как и по дозам внесения удобрений (137,9–141,3 мм).

Таким образом, на общие влагозапасы в метровом слое почвы и динамику их изменения наиболее существенное влияние оказывает зона почвенного плодородия. Нормы высева семян и дозы внесения удобрений в диапазоне изменения исследуемых факторов в среднем не оказали значимого влияния на водный режим почвы и его динамику.

Особый интерес вызывает полученная биологическая урожайность на опытных участках (рис. 3). При наложении графиков урожайности, количества удобрений и семян можно сделать следующие выводы – увеличение количества удобре-

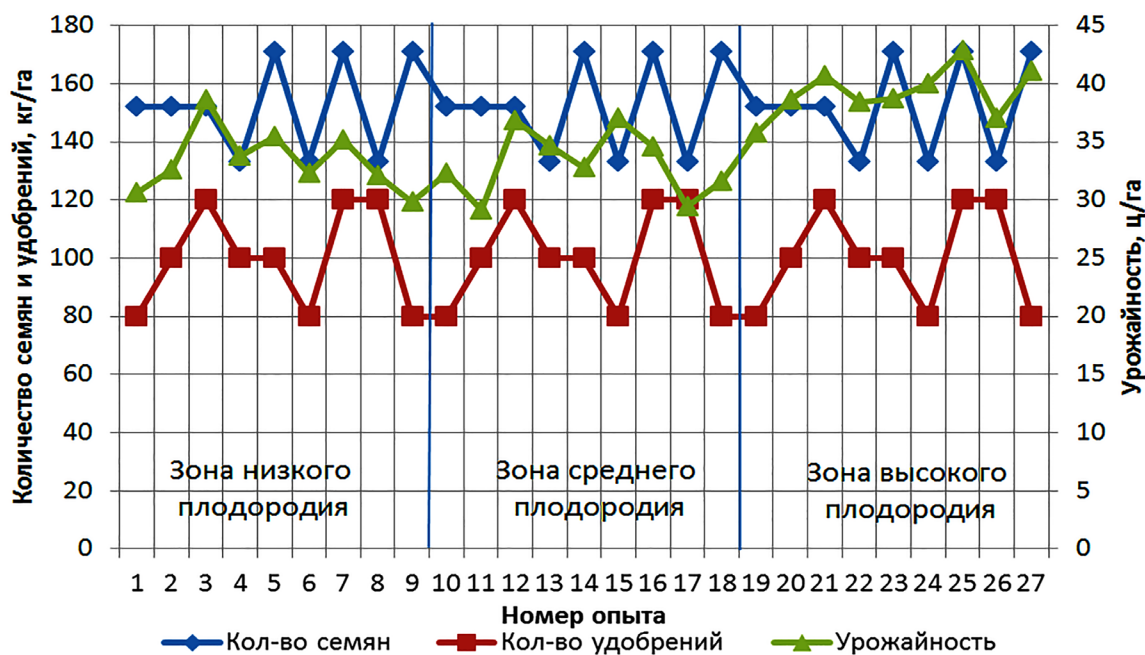


Рисунок 3 – Графические зависимости урожайности пшеницы и количества внесенных семян и удобрений по вариантам опытов

Figure 3 – Graphical dependences of wheat yield and the amount of applied seeds and fertilizers by experiment options

ний в каждой зоне при средней норме семян (опытные делянки 1–3, 10–12, 19–21) приводит к увеличению урожайности. Минимальная норма внесения семян при изменяющихся дозах удобрений в зонах низкой и средней плодородности приводит к снижению урожая (опытные делянки 4, 6, 8, 13, 15, 17) по сравнению с зонами высокого почвенного плодородия (опытные делянки 22, 24, 26).

При высокой норме высева семян увеличение количества удобрений приводит к увеличению урожайности. А максимальная величина урожайности наблюдается в зоне высокого плодородия при максимальных количествах семян и удобрений (опытная делянка 25).

Заключение. Наиболее существенное влияние на водный режим почвы и урожай яровой пшеницы из исследуемых факторов оказывает зона почвенного плодородия. Различия в средних запасах влаги в метровом слое почвы за вегетацию составляют 33,8 мм или 28,2 %, а в урожайности пшеницы 5,7 ц/га или 17,3 % в пользу зон высокого плодородия на поле. По нормам высева семян и дозам внесения удобрений в среднем различия менее существенны (2,8; 3,4 мм и 0,8; 1,8 ц/га соответственно).

При выполнении дифференцированного посева и внесении удобрений в зоне низкого плодородия лучшую эффективность обеспечил вариант 7 (при норме высева семян 171 кг/га и дозе удобрений 120 кг/га), в зоне среднего плодородия – вариант 3 (норма высева семян 152 кг/га, доза удобрений 120 кг/га), а в зоне высокого плодородия – вариант 7 (норма высева семян 171 кг/га, доза удобрений – 120 кг/га).

Реализация различных сочетаний норм высева семян и доз внесения удобрений по зонам почвенного плодородия в опыте обеспечили высоко значимые различия в урожайности яровой пшеницы (диапазон изменения 28,6–41,5 ц/га), что указывает на высокий потенциал ее роста при условии правильного применения дифференцированного посева.

Таким образом, для получения высоких урожаев и снижения средних издержек при производстве яровой пшеницы необходимо перенаправлять более высокие дозы удобрений и нормы высева посевного материала в зоны с высоким уровнем плодородия, используя для этого технические возможности современных посевных комплексов.

Список источников

1. Беляев В. И., Вольнов В. В. Основные элементы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в Алтайском крае // Вестник Алтайской науки. 2012. № 1. С. 6–10.
2. Беляев В. И., Соколова Л. В. Влияние нормы высева семян и дозы внесения удобрения на урожай яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья // Вестник Алтайского государственного университета. 2018. № 9 (167). С. 10–22.
3. Сравнительная оценка минеральных удобрений в условиях производства Алтайского края / В. И. Беляев, Д. В. Дубинин, С. А. Иванов, В. Н. Кузнецов // Вестник Алтайского государственного университета. 2020. № 2 (184). С. 5–12.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Альянс, 2011. 352 с.
5. Монтгомери Д. К. Планирование эксперимента и анализ данных. Л. : Судостроение, 1980. 382 с.

References

1. Belyaev V. I., Volnov V. V. Osnovnye elementy resursosberegayushchikh tekhnologii vozdeleyvaniya zernovykh kul'tur v Altaiskom krae [The main elements of resource-saving technologies for the cultivation of grain crops in the Altai krai]. *Vestnik Altajskoj nauki. – Bulletin of Altai Science*, 2012; 1: 6–10 (in Russ.).
2. Belyaev V. I., Sokolova L. V. Vliyanie normy vyseva semyan i dozy vneseniya udobreniya na urozhai yarovoi pshenitsy v usloviyakh Altaiskogo Priob'ya [Influence of the seeding rate and the dose of fertilizer application on the yield of spring wheat in the conditions of the Altai Ob region]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. – Bulletin of the Altai State University*, 2018; 9 (167): 10–22 (in Russ.).
3. Belyaev V. I., Dubinin D. V., Ivanov S. A., Kuznetsov V. N. Sravnitel'naya otsenka mineral'nykh udobrenii v usloviyakh proizvodstva Altaiskogo kraja [Comparative assessment of mineral fertilizers in the conditions of production in the Altai krai]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. – Bulletin of the Altai State University*, 2020; 2 (184): 5–12 (in Russ.).
4. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta [Methods of field experience]*, Moskva, Al'yans, 2011, 352 p. (in Russ.).
5. Montgomery D. K. *Planirovanie eksperimenta i analiz dannykh [Experiment planning and data analysis]*, Leningrad, Sudostroenie, 1980, 382 p. (in Russ.).

© Беляев В. И., Буксман В. Э., Садов В. В., Смышляев А. А., Тур А. В., 2023

Статья поступила в редакцию 27.04.2023; одобрена после рецензирования 29.05.2023; принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 27.04.2023; approved after reviewing 29.05.2023; accepted for publication 05.06.2023.

Информация об авторах

Беляев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет, prof-belyaev@ya.ru;

Буксман Виктор Эммануилович, доктор технических наук, почетный профессор Кубанского государственного аграрного университета, Amazonen Werken, Германия, Dr.Viktor.Buxmann@amazon.de;

Садов Виктор Викторович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой механизации производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Алтайский государственный аграрный университет, sadov.80@mail.ru;

Смышляев Андрей Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой математики, механики и инженерной графики, Алтайский государственный аграрный университет, an_smish_asau@mail.ru;

Тур Андрей Викторович, региональный представитель группы сельскохозяйственных машиностроительных заводов Amazonen-Werken по Сибири и Дальнему Востоку, turandrej@mail.ru

Information about authors

Vladimir I. Belyaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery and Technology, Altai State Agricultural University, prof-belyaev@ya.ru;

Viktor E. Buxsman, Doctor of Technical Sciences, Honorary Professor of Kuban State Agrarian University, Amazonen Werken, Germany, Viktor.Buxmann@amazon.de;

Viktor V. Sadov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mechanization of Production and Processing of Agricultural Products, Altai State Agricultural University, sadov.80@mail.ru;

Andrei A. Smyshlyaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Altai State Agricultural University, an_smish_asau@mail.ru;

Andrei V. Tur, Regional Representative of the Amazonen-Werken group of Agricultural Machine-building Plants in Siberia and the Far East, tur_andrej@mail.ru