

# Анализ территориального распределения климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории Крымского полуострова

Рыбалко Е.А.<sup>✉</sup>, Баранова Н.В.

Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Россия, Республика Крым, 298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31

<sup>✉</sup>agroeco@magarach-institut.ru

**Аннотация.** Качество винограда для получения виноградарско-винодельческой продукции существенным образом зависит от агроклиматических условий территории его возделывания. Одним из важнейших для виноградного растения климатических параметров является влагообеспеченность территории. От этого показателя зависит величина урожая и качественные характеристики продукции. В работе представлен анализ территориального распределения климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории Крымского полуострова. В качестве материалов были использованы электронная модель рельефа SRTM-3 территории Крымского полуострова и многолетние данные метеонаблюдений на 17 метеостанциях Крыма и Севастополя за 1985–2020 гг. Для проведения исследований была собрана и проанализирована метеорологическая информация, необходимая для расчёта климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории Крымского полуострова и важных для производства винограда. Проанализировано три показателя: осадки за год, осадки за вегетационный период и гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Для оптимизации размещения виноградных насаждений, проведён сравнительный анализ закономерностей пространственного распределения рассматриваемых факторов. Установлено, что анализируемые факторы имеют схожие закономерности пространственного варьирования под влиянием рельефа, гидрологических и географических параметров территории. Поэтому был осуществлён подбор шага классификации величин каждого из анализируемых факторов для совмещения границ их классов. По группе проанализированных факторов, построена комплексная цифровая крупномасштабная карта пространственного распределения влагообеспеченности на территории Крымского полуострова, согласно которой выделено 4 класса. Полученные разработки могут служить основой для агроэкологической оптимизации сортового состава и территориальной специализации виноградарско-винодельческой отрасли Республики Крым.

**Ключевые слова:** климатические факторы; влагообеспеченность территории; геоинформационное моделирование; цифровая картографическая модель; Крымский полуостров.

**Для цитирования:** Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Анализ территориального распределения климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории Крымского полуострова // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022; 24(2):119-123. DOI 10.35547/IM.2022.69.57.003

ORIGINAL RESEARCH

# Analysis of territorial distribution of climatic factors characterizing moisture availability of the Crimean Peninsula territory

Rybalko E.A.<sup>✉</sup>, Baranova N.V.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, 31 Kirova str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia

<sup>✉</sup>agroeco@magarach-institut.ru

**Abstract.** The quality of grapes for obtaining products of viticulture and winemaking significantly depends on agro-climatic conditions of the territory of its cultivation. One of the most important climatic parameters for a grape plant is the moisture availability of the territory. Cropping capacity and quality characteristics of the product depend on this indicator. The work presents an analysis of territorial distribution of climatic factors characterizing moisture availability of the Crimean Peninsula territory. The materials used were the SRTM-3 electronic terrain model of the Crimean Peninsula and long-term meteorological observation data of 17 meteorological stations in Crimea and Sevastopol for 1985–2020. To conduct the research, meteorological information, necessary for evaluating climatic factors that characterize moisture availability of the Crimean Peninsula territory and important for grape production, was collected and analyzed. Three indicators were evaluated: precipitation in the space of a year, precipitation in the space of a growing season, and the Selyaninov hydrothermal coefficient (HTC). To optimize the placement of grape plantings, a comparative analysis of spatial distribution patterns of factors under consideration was carried out. It is established that the analyzed factors have similar patterns of spatial distribution under the influence of terrain, hydrological and geographical parameters of the territory. Therefore, the classifying step of values of every analyzed factor was selected to match their class limits. According to the group of analyzed factors, a complex digital large-scale map of spatial distribution of moisture availability on the Crimean Peninsula territory was compiled, according to which four classes were identified. The obtained intentions can serve as a basis for agro-ecological optimization of varietal composition and terroir specialization of viticultural and winemaking industry of the Republic of Crimea.

**Key words:** climatic factors; moisture availability of the territory; geoinformation modeling; digital cartographic model; the Crimean Peninsula.

**For citation:** Rybalko E.A., Baranova N.V. Analysis of territorial distribution of climatic factors characterizing moisture availability of the Crimean Peninsula territory. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2022; 24(2):119-123 (in Russian). DOI 10.35547/IM.2022.69.57.003

## Введение

Качество винограда для получения виноградарско-винодельческой продукции существенным образом зависит от агроклиматических условий территории его возделывания [1-4].

Связь климатических условий территории с потребностями сельскохозяйственных культур учитывается при разработке мероприятий, направленных на более полное и эффективное использование биоклиматических ресурсов при формировании урожая [5].

Выделение агроклиматических районов для оптимального размещения виноградных насаждений основано на соответствии требований промышленного сорта винограда природным ресурсам конкретного региона возделывания [6, 7].

Одним из важнейших для виноградного растения климатических параметров является влагообеспеченность территории. От этого показателя зависит величина урожая и качественные характеристики продукции.

Оценку климатических ресурсов территории проводят с помощью агроклиматических показателей, которые оказывают существенное влияние на рост, развитие и продуктивность растения. Такие показатели главным образом определяют, насколько растение обеспечено влагой и теплом. Для определения влагообеспеченности виноградного растения используют гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), который представляет собой отношение осадков к испаряемости [8, 9].

Низкая влагообеспеченность и высокие температуры в период роста и созревания ягод являются стрессовыми факторами для винограда, что в конечном счете приводит к снижению продуктивности насаждений [10].

Большое влияние на качество оказывают осадки, выпадающие в конце формирования и созревания ягод. Для созревания винограда после обильных дождей требуется дополнительная сумма активных температур [11].

Вопросы влияния климата на качественные показатели винограда являются актуальными во многих регионах мира.

Ученые Венгрии в исследованиях оценили прошлые изменения значений климатических факторов. Особое внимание они уделили прогнозируемым изменениям вегетационных индексов до конца 21-го века [12].

На территории южной части Румынии в течение последних двадцати лет проводятся наблюдения относительно влияния климатических показателей на качественные и количественные параметры наиболее распространенного румынского сорта винограда Fetească regală [13].

В США и на территории Европы ведутся работы по изучению пространственной и временной изменчивости климатических индексов, влияющих на виноград. В американских винодельческих районах в Калифорнии, Орегоне, Вашингтоне и Айдахо про-

водились исследования климата на предмет пригодности для виноделия с использованием цифровой климатической модели PRISM, содержащей данные за период 1971–2000 гг. и имеющей пространственное разрешение 400 м. Результаты показывают, что пространственная изменчивость климата в пределах винодельческих районов может быть значительной, причем некоторые регионы включают в себя до пяти климатических классов, пригодных для виноградарства [14, 15, 16].

Актуальность данной темы и недостаточное внимание, уделяемое ей в мировой науке, послужили целью проведения настоящих исследований по анализу территориального распределения факторов, характеризующих влагообеспеченность территории.

Цель исследования: проанализировать распределение климатических факторов, характеризующих условия влагообеспеченности для выращивания винограда на территории Крымского полуострова.

## Материалы и методы исследования

Исследования проведены на базе сектора агроэкологии ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

В качестве материалов были использованы электронная модель рельефа SRTM-3 (NASA Shuttle Radar Topography Mission) территории Крымского полуострова с пространственным разрешением 3 угловые секунды и данные метеонаблюдений на 17 метеостанциях Крыма и Севастополя за 1985–2020 гг. [17].

Работы выполнены в соответствии с методиками по оптимизации размещения виноградных насаждений и методическими рекомендациями [18].

Подгонка (подбор) коэффициентов в математических моделях производилась методом наименьших квадратов.

Для визуализации пространственного распределения агроэкологических ресурсов, анализа влияния морфометрических особенностей местности на агроклиматические условия, а также целей агроэкологического моделирования использованы географические информационные системы.

## Результаты и их обсуждение

Для проведения исследований была собрана и проанализирована метеорологическая информация, необходимая для расчёта климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории Крымского полуострова и важных для производства винограда. Для этого использовали три показателя: осадки за год, осадки за вегетационный период и гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК).

При расчетах использовали данные за 36 лет, собранные на 17 метеостанциях Крымского полуострова (табл.1) [17].

Годовое количество осадков на территории Крымского полуострова составляет 297–615 мм. Минимальное их количество выпадает в степной части Крыма, в районе метеостанции Клепинино, максимальное – в окрестностях города Ялты.

На рост и развитие урожая винограда значи-

тельное влияние оказывает сумма осадков за вегетационный период. За рассматриваемый многолетний период наибольшие средние значения данного фактора наблюдались в районах метеостанций Почтовое (299 мм), Ялта (298 мм) и Белогорск (287 мм). Наименьшее количество осадков за вегетационный период выпало на территории западной части полуострова (Черноморское – 184 мм и Раздольное – 189 мм).

В зависимости от географического положения метеостанции значение гидротермического коэффициента варьирует от 0,5 (Раздольное, Черноморское, Евпатория) до 0,9 (Почтовое) [19].

Поскольку разделение изучаемой территории по ранее принятой классификации каждого из проанализированных климатических факторов привело бы к большой раздробленности ампелозкотопов и сложности практического применения полученных результатов для оптимизации размещения виноградных насаждений, был проведён сравнительный анализ закономерностей пространственного распределения рассматриваемых факторов. Установлено, что анализируемые факторы имеют схожие закономерности пространственного варьирования под влиянием рельефа, гидрологических и географических параметров территории. Поэтому был осуществлён подбор шага классификации величин каждого из анализируемых факторов для совмещения границ их классов. Результаты представлены в табл. 2.

За основу установления границ класса факторов, характеризующих влагообеспеченность территории, была взята градация гидротермического коэффициента Селянинова с шагом 0,2.

По группе проанализированных факторов, характеризующих влагообеспеченность территории построена комплексная цифровая крупномасштабная карта. Все значения ячеек полученной карты систематизированы в соответствии с границами классов, приведёнными в табл. 2.

На карте было выделено 4 класса (рис.).

По полученным данным 63,7% площади Крымского полуострова входит во второй класс. В основном – это центральная часть и прибрежные районы южной и юго-восточной частей полуострова. По факторам влагообеспеченности эту местность можно

**Таблица 1.** Среднее многолетнее значение климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории

**Table 1.** Average long-term value of climatic factors characterizing moisture availability of the territory

Наименование метеостанции	Климатические факторы		
	Сумма осадков, мм		Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК)
	за год	за вегетационный период	
Ишунь	369	202	0,6
Джанкой	327	231	0,7
Клепинино	297	217	0,6
Раздольное	355	189	0,5
Черноморское	367	184	0,5
Евпатория	383	206	0,5
Керчь	424	226	0,6
Нижнегорск	400	225	0,7
Владиславовка	433	237	0,7
Феодосия	456	253	0,7
Белогорск	487	287	0,8
Симферополь	494	258	0,8
Почтовое	549	299	0,9
Алушта	446	223	0,6
ГНБС	580	250	0,7
Ялта	615	298	0,7
Севастополь	392	202	0,6

**Таблица 2.** Классификация факторов влагообеспеченности территории Крымского полуострова

**Table 2.** Classification of moisture availability factors on the Crimean Peninsula territory

Фактор	Класс			
	1	2	3	4
Гидротермический коэффициент Селянинова	<0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	>1,0
Сумма осадков за год, мм	<450	450-560	560-630	630-900
Сумма осадков за вегетационный период, мм	<207	207-265	265-290	290-400
Площадь, га	578687,4	1623041,0	205744,7	139420,7
Площадь, %	22,7	63,7	8,1	5,5

считать засушливой. Оставшиеся прибрежные районы и большая часть Керченского полуострова, что составляет 22,7% от общей площади, входит в первый класс. Данную часть территории можно отнести к очень засушливой зоне.

#### Выводы

В результате сравнительного анализа закономерностей пространственного распределения климатических факторов, характеризующих влагообеспеченность территории, установлено, что некоторые из анализируемых индексов имеют схожие закономерности пространственного варьирования под влия-

нием рельефа, гидрологических и географических параметров территории.

Осуществлён подбор шага классификации величин каждого из проанализированных факторов для совмещения границ их классов. За основу установления границ класса факторов, характеризующих влагообеспеченность территории, была взята градация гидротермического коэффициента Селянинова с шагом 0,2.

Построена комплексная цифровая крупномасштабная карта пространственного распределения влагообеспеченности на территории Крымского полуострова, согласно которой, на данной территории, выделено 4 класса.

Полученные разработки могут служить основой для агроэкологической оптимизации сортового состава и терруарной специализации виноградарско-винодельческой отрасли Республики Крым.

#### Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0833-2019-0019.

#### Financing source

The work was conducted under public assignment No. 0833-2019-0019.

#### Конфликт интересов

Не заявлен.

#### Conflict of interests

Not declared.

#### Список литературы

1. Irimia L. M., Patriche C. V., Roşca B. Changes in oenoclimate aptitude index characterizing climate suitability for characterizing climate suitability for wine production of Romanian wine growing regions. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2017;15(4):755-767. DOI 10.15666/aer/1504\_755767.
2. Смирнов К.В. и др. Виноградарство: учебник. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2017:1-500.
3. Егоров Е.А., Петров В.С. Создание устойчивых саморегулирующихся агроценозов винограда в условиях умеренно континентального климата юга России // *Вестник Российской сельскохозяйственной науки*. 2017;5:51-54.
4. Novikova L. Yu., Naumova L. G. Dependence of Fresh Grapes and Wine Taste Scores on the Origin of Varieties and Weather Conditions of the Harvest Year in the Northern Zone of Industrial Viticulture in Russia. *Agronomy*. 2020;10:1613. DOI 10.3390/agronomy10101613.
5. Труды ВНИИСХМ. Проблемы агрометеорологии в условиях глобального изменения климата. Под ред. Грингофа И.Г. Обнинск. 2007:1-461.
6. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Разработка перспективных картографических моделей прогноза пространственного распределения агроэкологических ресурсов на территории Крымского полуострова // *Плодоводство*

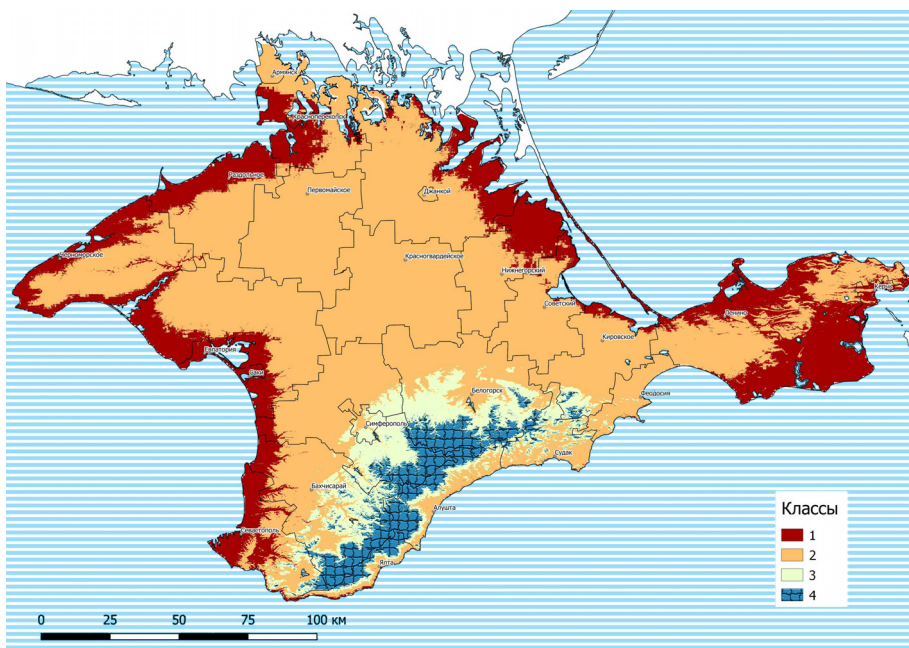


Рис. Картографическая модель пространственного распределения влагообеспеченности на территории Крымского полуострова

Fig. Cartographic model of spatial distribution of moisture availability on the Crimean Peninsula territory

и виноградарство Юга России. 2019;57(03):82-94. DOI 10.30679/2219-5335-2019-3-57-82-94.

7. Гаджиев М.С. Агроэкологические и социально экономические основы устойчивого развития виноградарства, плодородства и виноделия Южного Дагестана в XXI веке: монография. Махачкала: Юпитер. 2004:1-392.
8. Научно-прикладной справочник по агроклиматическим ресурсам России. - СПб, Ленинградская область. 1994;2(3)1-373.
9. Перстнев Н.Д. Виноградарство. Кишинев: Tipografia Centrala. 2001:1-612.
10. Гинда Е.Ф., Хлебников В.Ф., Трескина Н.Н. Применение регуляторов роста растений как способ реализации продукционного потенциала столовых сортов винограда в условиях Приднестровья. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021;23(4):361-365. DOI 10.35547/IM.2021.23.4.009.
11. Cornelis van Leeuwen, Olivier Trégoat, Xavier Choné, Benjamin Bois, David Pernet, Jean-Pierre Gaudillère. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *Journal international des sciences de la vigne et du vin*. 2009;43(3):121-134. DOI 10.20870/oeno-one.2009.43.3.798.
12. Ildikó Mesterházy, Róbert Mészáros and Rita Pongrácz. The effects of climate change on grape production in Hungary. *IDŐJÁRÁS. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service July-September*. 2014;118(3):193-206.
13. Oana Arina Antocea, Georgeta Mihaela Bucur, George Adrian Cojocar. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long term study. Book of abstracts 42nd Congress of Vine and Wine, 17th General Assembly of the OIV 15th 19th July 2019, CIGG, Geneva, Switzerland. 2019:43-44.
14. Cornelis van Leeuwen, Philippe Friant, Xavier Choné, Olivier Tregoa, Stephanos Koundouras, Denis Dubourdieu. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *American Journal of Enology and Viticulture* 2004;55(3):207-217.
15. Jones G. V., Duff A. A., Hall A., Myers J. W. *Spatial Analysis*

- of Climate in Winegrape Growing Regions in the Western United States. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2010;61(3):313-326.
16. Cardell M. F., Amengual A., Romero R. Future effects of climate change on the suitability of wine grape production across Europe. *Regional Environmental Change*. 2019;19:2299-2310. DOI 10.1007/s10113-019-01502-x.
  17. Агрометеорологические бюллетени по территории республики Крым // ФГБУ «КРЫМСКОЕ УГМС».
  18. Рекомендации 575/46.00334830.002 94 «Оптимизация размещения виноградных насаждений в Крыму» ИВиВ «Магарач». Ялта. 1993:1-68.
  19. Борисова В.Ю., Баранова Н.В. Анализ территориально временного варьирования ГТК в условиях Крымского полуострова // *Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»*. Ялта. 2019;48:13-15.
- ### References
1. Irimia L. M., Patriche C. V., Roşca B. Changes in oenoclimatic aptitude index characterizing climate suitability for characterizing climate suitability for wine production of Romanian wine growing regions. *Applied Ecology and Environmental Research*. 2017;15(4):755-767. DOI 10.15666/aer/1504\_755767.
  2. Smirnov K.V. et al. *Viticulture: a textbook*. M.: FSSI Rosinformagrotech. 2017:1-500 (in Russian).
  3. Egorov E.A., Petrov V.S. Creation of the resistant selfregulating agrocenoses of grapes in the conditions of moderate-continental climate of the South of Russia. *Bulletin of Russian agricultural science*. 2017;5:51-54 (in Russian).
  4. Novikova L. Yu., Naumova L. G. Dependence of Fresh Grapes and Wine Taste Scores on the Origin of Varieties and Weather Conditions of the Harvest Year in the Northern Zone of Industrial Viticulture in Russia. *Agronomy*. 2020;10:1613. DOI 10.3390/agronomy10101613.
  5. Proceedings of VNIISHM. Problems of agrometeorology in the context of global climate change. Edited by Gringof I.G. Obninsk. 2007:1-461 (in Russian).
  6. Rybalko E.A., Baranova N.V. Development of promising mapping models to estimate spatial distribution of agroecological resources on the territory of the Crimean Peninsula. *Horticulture and viticulture of the South Russia*. 2019;57(03):82-94. DOI 10.30679/2219-5335-2019-3-57-82-94 (in Russian).
  7. Gadzhiev M.S. Agro-ecological and social-economic foundations of sustainable development of viticulture, fruit growing and winemaking of Southern Dagestan in the 21st century: a monograph. Makhachkala: Jupiter. 2004:1-392 (in Russian).
  8. Scientific and applied reference book on agro-climatic resources of Russia. St. Petersburg, Leningrad region. 1994;2(3)1-373 (in Russian).
  9. Perstnev N.D. *Viticulture*. Kishinev: Tipografia Centrala. 2001:1-612 (in Russian).
  10. Ghinda E.F., Khlebnikov V.F., Treskina N.N. Application of plant growth regulators as a method for realization the production potential of table grapes in the conditions of Pridnestrovie. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2021;23(4):361-365. DOI 10.35547/IM.2021.23.4.009 (in Russian).
  11. Cornelis van Leeuwen, Olivier Trégoat, Xavier Choné, Benjamin Bois, David Pernet, Jean-Pierre Gaudillière. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *Journal international des sciences de la vigne et du vin*. 2009;43(3):121-134. DOI 10.20870/oeno-one.2009.43.3.798.
  12. Ildikó Mesterházy, Róbert Mészáros and Rita Pongrácz. The effects of climate change on grape production in Hungary. *IDŐJÁRÁS. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* July–September. 2014;118(3):193-206.
  13. Oana Arina Antoce, Georgeta Mihaela Bucur, George Adrian Cojocar. The climate change influences and trends on the grapevine growing in Southern Romania: a long term study. Book of abstracts 42nd Congress of Vine and Wine, 17th General Assembly of the OIV 15th 19th July 2019, CICC, Geneva, Switzerland. 2019:43-44.
  14. Cornelis van Leeuwen, Philippe Friant, Xavier Choné, Olivier Tregcoat, Stephanos Koundouras, Denis Dubourdiou. Influence of Climate, Soil, and Cultivar on Terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2004;55(3):207-217.
  15. Jones G. V., Duff A. A., Hall A., Myers J. W. Spatial Analysis of Climate in Winegrape Growing Regions in the Western United States. *American Journal of Enology and Viticulture*. 2010;61(3):313-326.
  16. Cardell M. F., Amengual A., Romero R. Future effects of climate change on the suitability of wine grape production across Europe. *Regional Environmental Change*. 2019;19:2299-2310. DOI 10.1007/s10113-019-01502-x.
  17. Agrometeorological bulletins of the territory of Republic of Crimea. FSBI Crimean AHEM (in Russian).
  18. Recommendations 575/46.00334830.002 94. Optimization of placement of vine plantations in the Crimea. IV&W Magarach. Yalta. 1993:1-68 (in Russian).
  19. Borisova V.Yu., Baranova N.V. Analysis of the territorial-time variation of HTC on the Crimean peninsula. *Viticulture and Winemaking. Collection of scientific works FSBSI Magarach of the RAS*. Yalta. 2019;48:13-15 (in Russian).

### Информация об авторах

**Евгений Александрович Рыбалко**, канд. с.-х. наук, зав. сектором агроэкологии; e-мейл: rybalko\_je\_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>;

**Наталья Валентиновна Баранова**, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. сектора агроэкологии; e-мейл: natali.v.0468@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2588-360X>.

### Information about authors

**Evgeniy A. Rybalko**, Cand. Agric. Sci., Head of Agroecology Sector; e-mail: rybalko\_je\_a@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4579-3505>;

**Natalia V. Baranova**, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist of Agroecology Sector; e-mail: natali.v.0468@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2588-360X>.

Статья поступила в редакцию 28.03.2022 г., одобрена после рецензии 06.04.2022 г., принята к публикации 20.05.2022