

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ ВИНОГРАДНИКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ИЗМЕНЕНИЙ РЕГИОНАЛЬНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ\*

**Е.А. Черников**, кандидат сельскохозяйственных наук, **В.П. Попова**, доктор сельскохозяйственных наук, **О.В. Ярошенко**, кандидат сельскохозяйственных наук, **А.А. Марморштейн**, аспирант

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия,  
350901, Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39  
E-mail: Garden\_soil@mail.ru

*Исследования проводили с целью выявления тенденции трансформации свойств засоленных и солонцеватых почв виноградников в условиях изменения региональных погодных условий при интенсивном сельскохозяйственном использовании. Выявлена тенденция к повышению аридности климата Анапа-Таманского региона на фоне чередования влажных и засушливых периодов. Отмеченное ранее увеличение средней суммы летних осадков и средней годовой суммы осадков вследствие больших отклонений от средних значений предыдущего периода приводит к формированию отрицательного линейного тренда хода величин этих показателей в последние 20 и 30 лет. В то же время практически во всех случаях наблюдалось статистически значимое повышение температуры воздуха. Выявлено изменение свойств почв ключевого участка с насаждениями винограда под влиянием современных региональных метеорологических параметров. Во всех изучаемых почвах отмечено снижение суммы поглощённых оснований на 4–22 %, преимущественно из-за уменьшения содержания обменного кальция, увеличение суммы солей на 5,8–149,2 %, по сравнению с данными обследования 1982 г. Произошло изменение состава солей в почвах: отмечено снижение доли гидрокарбонатов и увеличение доли хлоридов и сульфатов. Солевой состав чернозёмов южных глубокосолонцеватых наиболее подвержен изменению в нижней части почвенного профиля, чернозёмов южных среднесолонцеватых – в центральной части (на глубине 120–130 см). Выявленная тенденция к повышению аридности климата Анапа-Таманского региона на фоне чередования влажных и засушливых периодов будет способствовать интенсификации процессов перераспределения солей в засоленных и солонцеватых почвах под виноградниками.*

## TRANSFORMATION OF SALTED VINEYARD SOILS IMPACT OF CHANGES REGIONAL METEOROLOGICAL PARAMETERS

**Chernikov E.A., Popova V.P., Yaroshenko O.V., Marmorshtein A.A.**

North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking,  
350901, Krasnodar, ul. 40-letiya Pobedy, 39  
E-mail: Garden\_soil@mail.ru

*Studies have been carried out to identify trends in the transformation of the properties of saline and saline soils in vineyards under changing regional weather conditions with intensive agricultural use. The revealed tendency to increase the aridity of the climate of the Anapa-Taman region against the background of alternating wet and dry periods. The previously noted increase in the average amount of summer precipitation and the average annual precipitation due to large deviations from the average values of the previous period leads to the formation of a negative linear trend in the course of precipitation in the last 20 and 30 years. At the same time, a statistically significant increase in air temperature was observed in almost all cases. Changes in the soil properties of the key area with grape plantations under the influence of modern regional meteorological parameters were revealed. A comparative analysis of the structure of the soil profile has shown that in all studied soils, there was a reduction of the amount of absorbed bases on a 4 – 22 %, primarily due to the decrease in exchangeable calcium, increasing the amount of salt by 5,8–149,2% compared to the survey in 1982. There was also a change in the composition of salts in soils, a decrease in the proportion of bicarbonates and an increase in the proportion of chlorides and sulfates. The salt composition of southern deep - saline chernozems is most susceptible to change in the lower part of the soil profile, and southern medium-saline chernozems-in the Central part of the soil profile (at a depth of 120–130 cm). The revealed tendency to increase the aridity of the climate of the Anapa-Taman region against the background of alternating wet and dry periods will contribute to the intensification of the processes of salt redistribution in saline and saline soils under vineyards.*

**Ключевые слова:** виноградники, изменение погодных условий, трансформация свойств почв, засоленные и солонцеватые почвы, обменный кальций, хлориды и сульфаты

**Key words:** vineyards, changing weather conditions, transforming soil properties, saline and saline soils, calcium exchange, chlorides and sulfates

На территории России в 1975–2004 гг. отмечается значительное снижение индекса сухости и увеличение коэффициента увлажнения [1–3]. Это может привести к соответствующим изменениям региональных гидро-термических условий и возможному сдвигу зональных границ, это делает весьма актуальной разработку методов оценки влияния изменения климата на продуктивность сельскохозяйственных культур. Климат – основной фактор почвообразования и эволюция почв тесно связана с его изменением [4, 5]. Наибольшей скоростью

изменения под влиянием климата характеризуются такие свойства почвы, как режимы температуры и влажности, содержание органического вещества, реакция почвенной среды и наличие вредных солей. Работы по изучению влияния изменения регионального климата на свойства почв и продуктивность сельскохозяйственных культур проводятся в разных регионах [6–8].

Почвенно-климатические условия юга России благоприятны для возделывания такой многолетней культуры как виноград [9]. Наибольшие площади его план-

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Краснодарского края в рамках научного проекта № 19-44-233004 р\_мол\_а; Госзадания ФГБНУ СКФНЦСВВ

таций расположены в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах. Значительная часть почв, занятых виноградниками, имеет определенные свойства, которые могут негативно влиять на продуктивность насаждений и качество продукции. В соответствии со стратегией развития Российской Федерации существует необходимость в расширении площади виноградников, что вынуждает осваивать ранее не использовавшиеся земли. Нередко они бывают в разной степени засоленными или солонцеватыми. В таких условиях необходимы знания о направленности и интенсивности процессов засоления и осолонцевания, а также понимание особенностей трансформации свойств таких почв. Изменение погодных условий, в особенности режима увлажнения почвы, может в значительной степени повлиять на движение солевых растворов и трансформацию засоленных и солонцеватых почв. Отмечается и воздействие интенсивного сельскохозяйственного использования почв на региональный климат. Поэтому целесообразно изучение изменчивости погодных условий по фактическим данным конкретных пунктов, расположенных в определенных природно-климатических зонах [10]. Региональный уровень прогнозирования до сих пор остается слабо разработанным по причине недостатка фактического материала и методических трудностей перехода от глобального прогноза к региональному. Необходимы новые знания для дальнейшей разработки приемов предотвращения деградации и сохранения плодородия сельскохозяйственных земель в условиях интенсивного хозяйствования и производства конкурентоспособной, безопасной продукции.

Цель исследований – изучение и выявление особенностей формирования и трансформации засоленных и солонцеватых почв под виноградниками в условиях изменяющихся метеорологических параметров.

**Методика.** Исследования проводили на ключевом участке, расположенном в центральной части Таманского полуострова в насаждениях винограда ООО «Фанагория-Агро», выделенном на делювиальной полого-наклонной равнине от подножья гряды Цимбала до нижней части южного склона полого-наклонной равнины. Здесь размещены пахотные земли и виноградные плантации. С учетом рельефа и микрорельефа местности были заложены почвенные разрезы, прикопки и буровые скважины. Для всех точек опробования определены географические координаты с использованием приемника GPS. Для изучения качественного и количественного состава солей в почвах ключевого участка, а также степени их солонцеватости из всех почвенных разрезов и скважин отбирали образцы почвы по горизонтам или слоям по 20 см на глубину не менее 200 см. В сумме было отобрано и проанализировано более 250 образцов.

Лабораторные исследования включали измерений содержания и состава солей (потенциометрическое определение активности ионов  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $Ca^{2+}$  с помощью ионоселективных электродов [11]), реакции почвенной среды, удельной электропроводности, определение катионно-анионного состава водной вытяжки [12], содержания обменного кальция, магния и натрия [13], гранулометрического состава по Качинскому и др.

На основе результатов лабораторных исследований и инструментальной съемки микрорельефа в камеральных условиях с использованием ГИС и пакета Surfer составлены двумерные профили распределения солей в почвах ключевого участка. Оценку изменения структуры почвенного покрова на ключевом участке осуществ-

ляли на основе сравнительного анализа данных по солевому составу и солонцеватости разных туров почвенного обследования, проведенных в 1982 и 2019 гг.

Погодные условия изучали на основе выборки данных метеорологической станции Темрюк за 1960–2019 гг. Анализ проводили с использованием методического подхода, который предполагает расчет скользящих значений среднего арифметического (E) и среднего квадратического отклонения (V) интересующего показателя по 20-летним и 30-летним периодам, с последующим построением траектории их взаимного изменения в фазовом пространстве «E-V» [14]. Изменение режима увлажнения анализировали на основании данных по количеству осадков за холодный и теплый период года, а также по величине средних квадратичных отклонений; температурного режима – на основании данных средних температур по декадам, максимальных и минимальных температур. Для отдельных временных периодов рассчитывали и анализировали величины гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК) и коэффициента увлажнения Сапожниковой (КУ).

Статистическую обработку данных проводили с использованием методов корреляционного и дисперсионного анализа.

**Результаты и обсуждение.** Метеорологические условия региона, в котором осуществляли исследования, за последние 43 года сильно изменились. Так, если с 1960 по 1975 гг. среднее многолетнее количество осадков находилось на уровне 459 мм за год, то с 1976 по 2018 гг. оно увеличилось на 24 мм и составило 537 мм. В отдельные годы сумма осадков за год превышала 650 мм.

Увеличение суммы осадков в засушливой зоне, наряду с положительным эффектом для роста и развития растений может иметь и отрицательные последствия. Поскольку они преимущественно носят ливневый характер, это может привести к повышению интенсивности деградации почвы [15, 16].

Однако изменение годового количества осадков имеет нелинейный характер, в разные годы их сумма может сильно различаться. Углубленное изучение режима увлажнения территории по 20- и 30-летним периодам позволило выявить следующее: средняя сумма летних осадков увеличивалась, при этом тенденции аномалий по различным периодам были отрицательными. Это обусловлено большим количеством осадков в начале или середине временных промежутков и меньшим колебанием в конце периода (табл. 1). Уравнениями регрессии объясняется 24–31 % дисперсии параметра.

**Табл. 1. Линейные тренды аномалий сумм атмосферных осадков (°C/10 лет) по периодам**

| Период   | 1980–1999<br>гг. по<br>отношению<br>к 1960–1979<br>гг. | 2000–2019 гг.<br>по отно-<br>шению к<br>1960–1979 гг. | 2000–2019<br>гг. по<br>отношению<br>к 1980–1999<br>гг. | 1990–2019<br>гг. по<br>отношению<br>к 1960–1989<br>гг. |
|--|--|---|--|--|
| Лето   | -8,4   | -71,9*  | -71,9*   | -13,1  |
| Год  | -20,5  | -73,7*  | -73,7*   | -26,0  |
| Холодный период  | -17,8  | -24,8   | -24,8  | +2,9   |
| Теплый период  | -3,0   | -70,7*  | -70,7*   | -28,9  |
| *значимые линейные тренды – отклонения 2000–2020 гг., по сравнению с предыдущими двумя двадцатилетними периодами |  |   |  |  |

**Табл. 2. Линейные тренды изменения сумм температур воздуха выше +10 °С (°С/10 лет) по периодам\***

| Показатель   | 1980–1999 гг. по отношению к 1960–1979 гг. | 2000–2019 гг. по отношению к 1960–1979 гг. | 2000–2019 гг. по отношению к 1980–1999 гг. | 1990–2019 гг. по отношению к 1960–1989 гг. |
|--|--|--|--|--|
| Сумма температур более 10 °С (°С/10 лет)   | 10,4                                       | 228,4*                                     | 228,4*                                     | 189,4*                                     |
| *статистически значимые изменения сумм температур воздуха более +10 °С (по отношению к другому 10-летнему периоду) |  |  |  |  |

Наряду с изменением условий увлажнения менялся и температурный режим. В самом холодном месяце в 1960–1979 гг. она составляла -2,1 °С, в 55 % лет самым холодным месяцем был январь, в 35 % – февраль, в остальных – декабрь. Средняя температура самого теплого месяца (в 80 % случаев – июль) составила +23,5 °С.

В 1980–1999 гг. средняя температура возросла, по сравнению с предыдущим периодом, на 1,1 °С. Одновременно увеличилось количество лет с февралем в качестве самого холодного месяца (до 40 % случаев), в половине лет им оставался январь. Температура самого теплого месяца возросла на 0,8 °С, доля августа – до 30 %.

В последние 20 лет в 20 % случаев самым холодным месяцем был декабрь, в 35 % – февраль, в 45 % – январь, температура возросла на 0,4 °С. В самом теплом месяце она повысилась на 0,9 °С, в 60 % лет это был август.

Статистически значимое увеличение температуры воздуха происходило во всех случаях, за исключением изменения средней величины этого показателя в самом холодном месяце в 2000–2019 гг., по сравнению с 1980–1999 гг.

Результаты анализа линейных трендов изменения сумм температур выше +10 °С (°С/10 лет) свидетельствуют, что наибольшим оно было в последние 20 лет. У значимых трендов коэффициент детерминации варьирует от 0,25 до 0,28, то есть уравнения регрессии, на основе которых они построены, объясняют 25-28 % дисперсии параметра (табл. 2).

Расчеты по двадцатилетиям показали изменения ГТК летом от 0,54 до 0,63, что соответствует условиям неустойчивого сухого земледелия. Индекс сухости Будыко изменился с первого ко второму двадцатилетию с 1,37 до 1,22, что свидетельствует о недостаточно влажном климате. Оценка по коэффициенту увлажнения Сапожниковой демонстрирует изменение с 0,59 в 1960–1979 гг. до 0,68 в 1980–1999 гг., что характеризует слабозасушливый климат. Изменения средних значений индекса сухости и коэффициента увлажнения в 1980–1999 гг., по сравнению с 1960–1979 гг. статистически достоверны.

В 1980–2019 гг. отмечали как влажные, так и засушливые периоды (по 10 лет). При этом наблюдали положительную тенденцию изменения аномалий сумм температур воздуха относительно среднего значения за 1960–1979 гг. Кроме того, установлена слабовыраженная тенденция к уменьшению влагообеспеченности.

Анализ структуры почвенного покрова ключевого участка, расположенного на делювиальной наклонной равнине южнее склонов горы Цымбалы в центральной части Таманского полуострова, по сравнению с данными почвенного обследования 1982 г., показал, что во всех изучаемых почвах произошло снижение суммы

**Табл. 3. Содержание обменного кальция, мг-экв./100 г почвы**

| Почва  | Слой, см | 1982 г. | 2019 г. |        |        |
|--|----------|---------|---------|--------|--------|
|  |          |         | 1 скв.  | 2 скв. | 3 скв. |
| Чернозём южный слабовыщелоченный глубокосолонцеватый слабогумусный мощный глинистый на делювиальных глинах | 0-20     | 24,1    | 20,3    | 15,2   | 18,4   |
|  | 70-80    | 23,5    | 20,9    | 19,4   | 18,3   |
|  | 110-120  | 22,9    | 19,9    | 18,8   | 19,6   |
| Ориентировочная граница почвенных ареалов  | 140-150  | 21,6    | 18,5    | 16,7   | 18,3   |
|  | 0-20     | 30,8    | 28,1    | 29,4   | 28,6   |
|  | 60-70    | 28,3    | 23,5    | 21,7   | 22,6   |
| Чернозём южный среднесолонцеватый слабогумусный мощный глинистый на делювиальных засоленных глинах         | 90-100   | 23,7    | 21,2    | 21,2   | 21,1   |
|  | 0-20     | 32,7    | 17,5    | 30,8   | 28,4   |
|  | 70-80    | 23,1    | 16,2    | 12,9   | 12,0   |
|  | 120-130  | 17,4    | 15,1    | 9,1    | 29,9   |

поглощённых оснований на 4-22 %, преимущественно из-за уменьшения содержания обменного кальция (табл. 3). Одновременно на чернозёмах южных среднесолонцеватых установлено увеличение содержания обменного натрия в центральной части почвенного профиля на 150-400 %, что свидетельствует о переходе среднесолонцеватых (с глубины 70 см) почв в слабо-солонцеватые с поверхности и сильносолонцеватые с глубины 70 см.

Анализ ионного состава водной вытяжки чернозёмов южных глубокосолонцеватых свидетельствует о снижении содержания гидрокарбонатов кальция и магния и значительном увеличении количества хлоридов натрия в средней части почвенного профиля. Произошел существенный рост концентрации хлоридов натрия, магния и кальция в нижней части почвенного профиля (табл. 4).

В чернозёмах южных среднесолонцеватых отмечено значительное увеличение суммы солей (почти в 1,5 раза) в средней части почвенного профиля, которое преимущественно обусловлено ростом содержания хлоридов и сульфатов.

**Табл. 4. Отклонение показателей ионного состава водной вытяжки от данных 1982 г., %\***

| Слой почвы  | Сумма солей, % | HCO <sub>3</sub> | Cl    | SO <sub>4</sub> | Ca        | Mg        | Na   |
|---|----------------|------------------|-------|-----------------|-----------|-----------|------|
| Чернозём южный слабовыщелоченный слабогумусный мощный глинистый на делювиальных глинах  |                |                  |       |                 |           |           |      |
| 110-120   | 6,9            | -12,5            | 28,0  | более 500       | -18,6     | -5,2      | 67,8 |
| 170-180   | 5,8            | -8,9             | 13,1  | более 500       | -52,0     | 6,9       | 26,2 |
| 230-240   | 24,3           | -12,8            | 192,4 | более 500       | 27,7      | 20,0      | 25,7 |
| Чернозём южный среднесолонцеватый слабогумусный мощный глинистый на делювиальных засоленных глинах  |                |                  |       |                 |           |           |      |
| 120-130   | 149,2          | -2,5             | 195,0 | 210,1           | более 500 | более 500 | 98,7 |
| 170-180   | 9,3            | -15,6            | 71,6  | 12,9            | 138,8     | 52,4      | 33,1 |
| *в таблице цветом выделены отрицательные значения отклонений, которые свидетельствуют о снижении содержания ионов в водной вытяжке из почвы |                |                  |       |                 |           |           |      |

В целом, в изучаемых почвах отмечено увеличение содержания суммы солей, по сравнению с 1982 г., от 5,8 до 149,2 %. Кроме того, произошло изменение состава солей в почвах, зафиксировано снижение доли гидрокарбонатов и увеличение содержания хлоридов и сульфатов. Солевой состав чернозёмов южных глубоководных оказался наиболее подвержен изменению в нижней части почвенного профиля (230-240 см), а в чернозёмах южных среднесолонцеватых самое значительное увеличение содержания солей (преимущественно за счёт хлоридов натрия и сульфатов кальция и магния) было зафиксировано в центральной части почвенного профиля (на глубине 120-130 см).

Таким образом, установлено увеличение средней суммы летних осадков и кратковременное повышение средней суммы осадков за год (по данным метеостанции Темрюк), но вследствие больших отклонений от средних значений предыдущего периода в начале и середине временного промежутка в последние 20 и 30 лет формируется отрицательный линейный тренд хода сумм осадков. В то же время практически во всех случаях отмечено статистически значимое повышение температуры воздуха.

Выявленная тенденция к повышению аридности климата Анапо-Таманского региона на фоне чередования влажных и засушливых периодов способствует интенсификации процессов перераспределения солей в засоленных и солонцеватых почвах под виноградниками. Установлено снижение содержания гидрокарбонатов кальция и магния в средней части почвенного профиля чернозёмов южных глубоководных и значительное увеличение концентрации хлоридов натрия в центральной части профиля. Отмечено существенное увеличение содержания хлоридов натрия, магния и кальция в нижней части почвенного профиля. Во влажные периоды происходит интенсификация процессов переноса солей с верховодкой и при латеральном движении минерализованных внутрипочвенных вод в естественные понижения, а далее по ложбинам и балкам ниже по уклону местности, в зону распространения незасоленных почв. В засушливые периоды усиливается их перенос с восходящим током влаги по капиллярам, что способствует подъёму солей в вышележащие горизонты почвы. В дальнейшем это может привести к их избыточному накоплению в корнеобитаемом слое и снижению продуктивности почв. Перераспределение водорастворимых солей в почвенном профиле солонцеватых почв (в особенности солей натрия) приводит к увеличению доли натрия в ППК и повышению степени солонцеватости почв.

#### Литература

1. *Современные климатические изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агрофитосферы России* / О.Д. Сиротенко, Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова и др. // *Метеорология и гидрология*, 2007. № 4. С. 101–107.
2. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В. *Современные климатические изменения продуктивности биосферы России и сопредельных стран* // *Метеорология и гидрология*. 2008. № 8. С. 90–103.
3. Сиротенко О.Д. *Основы сельскохозяйственной метеорологии. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 1. Математические модели в агрометеорологии*. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. Т. II. 136 с.
4. *Глобальные изменения климата и почвенный покров* / В.Н. Кудеяров, В.А. Демкин, Д.А. Гиличинский и др. // *Почвоведение*. 2009. № 9. С. 1027–1042.
5. *Национальный доклад «Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство)»* / под редакцией А.И. Беоричко. М.: ГЕОС, 2018. 357 с.
6. *Effect of Climate Change on Grape and Its Value-Added Products. Climate-Resilient Horticulture: Adaptation and Mitigation Strategies* / J. Sharma, A. Upadhyay, P. Adsule. India: Springer, 2014. P. 67–80.
7. Rosenzweig C., Hillel D. *Soils and global climate change: challenges and opportunities* // *Soil Science*. 2000. Vol. 165. Issue 1. P. 47–56.
8. Козунь Ю.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И. *Влияние климата на биологические свойства почв юга России: монография*. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2013. 112 с.
9. Незнаева А.М. *Агроэкологические параметры почв для размещения технических сортов винограда в Анапо-Таманской зоне Краснодарского края: диссертация канд. с.-х. наук*. Краснодар, 2009. 144 с.
10. *Глобальные изменения климата и почвенный покров* / В.Н. Кудеяров, В.А. Демкин, Д.А. Гиличинский и др. // *Почвоведение*. 2009. № 9. С. 1027–1042.
11. Хитров Н.Б., Понизовский А.А. *Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв*. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1990. 236 с.
12. ГОСТ 26423–85 – ГОСТ 26428–85. *Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки*, М.: изд-во стандартов, 1985. 39 с.
13. ГОСТ 26487–85 *Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО*. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. 13 с.
14. Сиротенко О.Д. *Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования: методическое пособие*. М.: ГУ «ВНИИСХМ», 2007. 77 с.
15. Черников Е.А., Попова В.П., Фоменко Т.Г. *Развитие процессов засоления почв виноградников при изменении условий увлажнения на Тамани* // *Агрофизика*. 2018. № 3. С. 31–37.
16. *Причины и механизмы засоления почв виноградников юга Тамани* / Н.Б. Хитров, Е.А. Черников, В.П. Попова и др. // *Почвоведение*. 2016. № 11. С. 1305–1318.

Поступила в редакцию 25.08.20  
После доработки 01.10.20  
Принята к публикации 10.12.20