

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ ТЕРРУАРА ВИНОГРАДНИКОВ
ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ОСВОЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛА
АРИДНЫХ ЗЕМЕЛЬ**

© 2025 г. Э.А. Халилова*, З.Г. Залибеков**, М.Е. Котенко***,
В.И. Черкашин**, Э.А. Исламмагомедова*, А.А. Абакарова*

**Прикаспийский институт биологических ресурсов
Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д. 45
E-mail: eslanda61@mail.ru*

***Институт геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН
Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, д. 75. E-mail: bfdgu@.ru*

****Дагестанский государственный технический университет
Россия, 367015, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, д. 70а
E-mail: kukonya21@mail.ru*

Поступила в редакцию 10.10.2024. После доработки 30.10.2024. Принята к публикации 01.11.2024.

Для глубокого изучения функций почвы как компонента биосферы и содействия устойчивому эффективному управлению виноградниками были проведены комплексные исследования, включающие биогеохимические, биологические и минералогические анализы почв, на территории одного из известных с древнейших времен регионов возделывания винограда – Дербентского района, расположенного в Приморской полосе на юге Западного Прикаспия. Территория представлена светло-каштановыми карбонатными почвами с полнопрофильным строением горизонтов вертикального профиля. Впервые полученные данные минералогического состава включали кальцит, кварц, полевой шпат, глинистую составляющую (железистый хлорит, слоистый силикат, колит, гидрослюда), присутствие которых обусловлено остаточной частью осадочных пород. Выявленный солевой состав генетических горизонтов иллюстрировал преобладающую роль Na, K, где HCO_3 составляет 0.33 мг-экв. Это характерный показатель аридных почв, указывающий на экологическую приспособленность культуры винограда к острозасушливым климатическим условиям. Дискриминационная модель региональной кластерной структуры минеральных элементов в вине строилась по следующим предикторам: $\text{K} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Co}$, что характерно для регионального дагестанского вина. Установлено, что образцы экспериментальных вин имели высокую дегустационную характеристику; биологически ценный компонентный состав минеральных и ароматических веществ. Полученные данные раскрывают потенциальные ресурсы светло-каштановых почв и могут быть использованы производителями при выборе мест для выращивания виноградников в районах, где происходит деградация аридных земель.

Ключевые слова: кластерная структура, свойства почв, засушливый климат, минеральный состав вин, минералы, активные температуры, дифракционная картина, рентгенография.

DOI: 10.24412/1993-3916-2025-1-124-135

EDN: BFEWQF

В последние годы растет число публикаций о влиянии химического состава почвы на качество вина (Van Leeuwen et al., 2018; Blotevogel et al., 2019; Jiménez-Ballesta et al., 202, 2023; Vambina et al., 2024). Наиболее вероятным способом влияния почвы на состав вина являются типовые свойства, структура почвы и минеральное питание виноградной лозы. Это достигается за счет наличия в почве питательных веществ, которые усваиваются виноградной лозой, обеспечивая ее необходимыми элементами для роста и развития. В засушливом климате доступность питательных

веществ в верхнем слое почвы снижается в течение вегетационного периода из-за недостатка осадков (De Andres-de-Prado et al., 2007; Van Leeuwen et al., 2020; Temerdashev et al., 2024).

Многообразие природных ландшафтов, пригодных для возделывания автохтонных и аборигенных сортов винограда, обусловило лидирующие позиции Дагестана среди регионов, где развито виноградарство. Исследуемый терруар располагается на территории, сложенной древнекаспийскими, прикрытыми сверху делювиальными и аллювиальными наносами, и представляет собой террасовидную аккумулятивно-приморскую равнину, простирающуюся на 160 км с севера на юг между берегом Каспийского моря и предгорными хребтами (рис. 1).

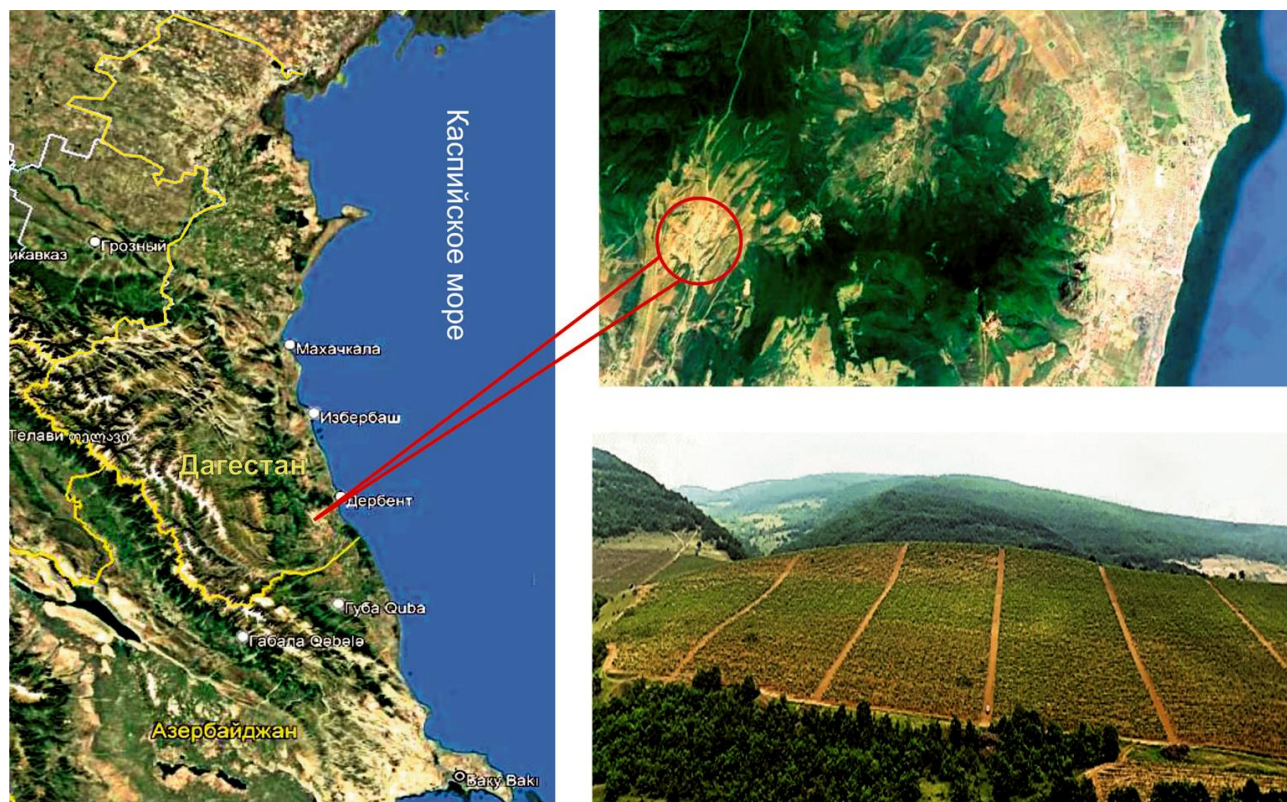


Рис. 1. Географическое расположение виноградника в с. Мугарты Дербентского района Республики Дагестан на карте и космическом снимке.

Функциональные свойства почвы обусловлены природными событиями четвертичного периода и антропогенными факторами. Почвенно-климатические условия в зональном аспекте определяются Дербентским геологическим сегментом, выраженным литолого-тектоническим уступом, на всем протяжении которого прослежен разрез позднемиоценовых карбонатных отложений (Залибеков и др., 2023, 2024). Геологический разрез сегмента состоит из следующих слоев: 1 – массивные, толстослоистые известняки-ракушечники (поздний миоцен, верхний сармат), 2 – тонкое переслаивание глин, алевролитов, известняков и песчаников (поздний миоцен, средний сармат), 3 – тонкое переслаивание известняков, песчаников и алевролитов (поздний миоцен, средний сармат), 4 – глины, 5 – лёссовидные супеси с линзами и прослоями грубообломочного пролювия (поздний голоцен), 6 – коллювиально-оползневые образования (Овсяченко и др., 2020).

Информация о минералогии, концентрации и пространственном распределении химических элементов в светло-каштановых почвах Дербентского терруара фактически отсутствует. Ставится цель – определить минералогический состав почв и породы для выявления степени их влияния на процессы опустынивания земель, занятых виноградными насаждениями. Минералогический анализ определяет плодородие почв, создает условия для преобразования и, при необходимости, добавки различных химических удобрений. Также надежным источником информации о кристаллической структуре минеральной ассоциации, наиболее эффективным, а часто и единственно

возможным методом качественного и количественного анализа минералогического состава почвы являются рентгеновские дифракционные исследования.

Для выполнения поставленной цели выполнены и интерпретированы минералогические и физико-химические исследования почв виноградников с определением их влияния на формирование минерального и ароматического комплекса вин.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись почвы виноградника, расположенного на территории, прилегающей к селу Мугарты, в 33 км к юго-западу от города Дербента Республики Дагестан, Россия (рис. 1). Географические координаты: 41° 59' 50" с.ш., 48° 09' 30" в.д., высота – 200 м н.у.м. БС. Исследованы 3 участка выращивания винограда Каберне-Совиньон, из которого производились высококачественные красные вина.

Экспериментальный участок. По форме рельефа территория терруара представляет отроги предгорий, переходящие к побережью Каспийского моря. Слабоволнистая равнина с уклонами от 2° до 6° на север и северо-восток. Ландшафт характеризуется как сухостепной, с делювиально-аллювиальной и абразионно-аккумулятивной террасовидной поверхностью. Естественная растительность представляет собой эфемерово-полынное, ромашковое разнотравье. Прилегающая к территории часть всхолмлена невысокими (30-80 м), мягко очерченными уваловидными возвышенностями. Почвы светло-каштановые, плантажированные, карбонатные, среднесуглинистого гранулометрического состава на различных породах. Близкое расположение виноградников к Каспийскому морю позволяет избежать резких отрицательных температур зимой, создает непродолжительные теплые зимы, в остальное время климат характеризуется субтропическим режимом.

Сумма активных температур – 3920-4010°C. По данным Дагестанского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (филиала ФГБУ), среднегодовая интенсивность солнечного сияния составила 2100 ч, относительная влажность – 71, скорость ветра – 2.2 м/с. В соответствии с классификацией климата изучаемая территория относится к группе С, т.е. ее климат умеренный океанский переменного-влажный Cwa (Корпен, 1936).

Отбор проб почвы проводился в период вегетации винограда конвертным методом в апреле 2024 г. по глубинам 0-10, 20-30, 40-50 см с 3 участков, расположенных вдоль несмежных рядов виноградников (репрезентативных для всей площади виноградника). Маршрутный ход прокладывался посередине экспериментального участка, по диагонали. С каждого элементарного участка отбирали одну объединенную пробу почвы массой 500 г, после смешивания образцы почвы запечатывали в крафтовые пакеты с соответствующей этикеткой.

Для определения засоленности и минерального состава почв пользовались общепринятой методикой почвенных исследований (Аринушкина, 1970; Шишов и др., 1986). Содержание легкорастворимых солей определено по образцам, которые отбирались по сезонам (весна, осень) в течение последних 3 лет. Пробы отбирали из каждого горизонта, после смешивания их доводили до воздушно-сухого состояния и хранили в сухом месте.

Содержание гумуса, азота, фосфора и калия в образцах определяли по ГОСТ 4640-76 (1995) и ОСТ 4652-76 (1976); валовые формы микроэлементов – по общепринятым методам.

Рентгеноструктурный дифракционный анализ образцов почв проводили на рентгеновском дифрактометре D8 Advance («Bruker AXS GmbH», Германия). Для определения фазового состава исследуемых образцов проведено индентифицирование порошковых рентгенограмм – нахождение индексов отражения (hkl) для каждой линии с соответствующим межплоскостным расстоянием, выраженное в Å (Brown, 1965). Идентификационный анализ минералов в иллитовой фракции изучался также методом рентгеноструктурного анализа. Агрегаты почвы для идентификации иллита и каолинита высушивали на воздухе, гликолизировали этиленгликолем и прокаливали при 550°C в течение 2 часов.

Результаты и обсуждение

Морфологические признаки почв характеризовали полнопрофильное строение горизонтов, сочетающих признаки светло-каштановых карбонатных почв, где отличительными показателями являлись признаки, формирующиеся под влиянием плантажной обработки.

Дифрактограмма отобранного почвенного образца в слое 0-10 см показывает набор дифракционных (hkl) фазовый состав: кварц – SiO_2 , кальцит (карбонат) – CaCO_3 , полевой шпат – Na/Ca , Al_1 , Si_3 , O_8 .

Анализ дифракционной картины показал, что одной из преобладающих частей исследуемого образца является карбонатная компонента, несмотря на то, что на дифрактограмме рефлекс кварца по интенсивности превышал кальцит. Дело в том, что кварц всегда дает достаточно четкую дифракционную картину и может быть обнаружен на рентгенограммах в незначительном содержании. Преобладающая роль кварца указывает на ведущую роль соединений, индицирующих в аридных условиях элементы дренажа. Можно утверждать, что анализируемый участок является компонентом аридных земель и благоприятствует развитию культуры винограда. Экологическая роль его заключается в том, что в условиях достаточной солнечной энергии в сочетании с элементами приморского климата и других компонентов среды он дает продукцию, обладающую высоким минерально-ароматическим комплексом.

Отмечается заметное расширение ареалов виноградников в Дербентском районе, в т.ч. на экспериментальном участке (25.8-27.5 тыс. га): за период наблюдений оно составило 27% (6.0 тыс. га) от первоначального объема (рис. 2). Это характерно для климатических условий аридного пояса (острый недостаток осадков и доступных форм почвенной влаги) при умеренном плодородии. На фоне содержания в почве глинистых минералов (каолинит, монтмориллонит) отмечено физиологически активное состояние виноградного растения. В современных условиях климатического потепления и высоких антропогенных нагрузок природное качество и засухоустойчивость винограда выступает в качестве одного из факторов, выполняющих двойную функцию: возрождение деградированных земель и совершенствование мероприятий по борьбе с опустыниванием и аридизацией.

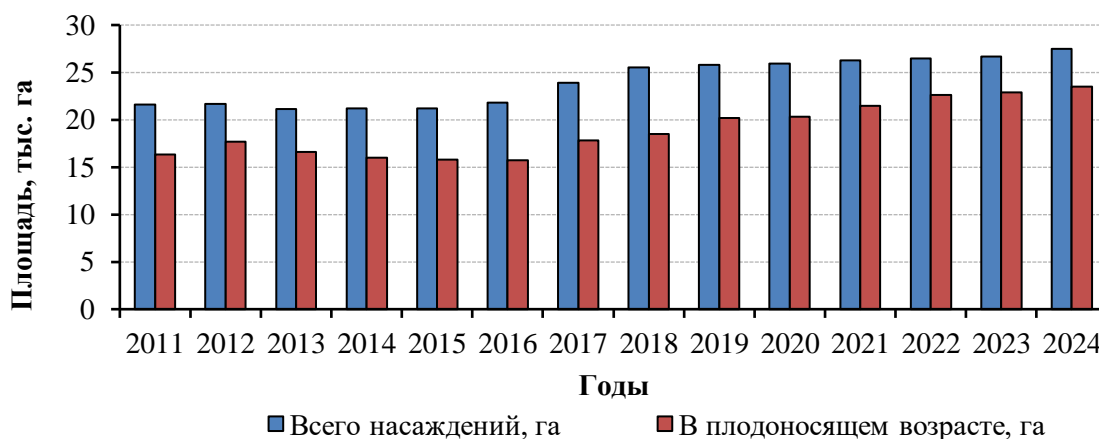


Рис. 2. Динамика расширения площадей виноградников, тыс. га.

Оптимизация дренирующего действия имеет значительную силу, являясь одним из факторов возрождения деградированных земель аридного пояса. В подчиненном соотношении выявлена роль полевого шпата. Кроме этого, на рентгенограмме отмечался ряд совокупных дифракционных рефлексов в малоугловой области дифрактограммы, что предопределяет возможное нахождение в изучаемых объектах глинистых минералов, способствующее накоплению влаги. Повышенная интенсивность рефлекса (hkl-112) с межплоскостным расстоянием, равным 3.04 \AA , предопределяет количественное увеличение карбоната в почвенном образце. Из данных дифрактограммы от образца 1-40-50 следует, что с нарастанием глубины горизонта интенсивность рефлекса (hkl-112) с межплоскостным расстоянием, равным 3.04 \AA , еще больше, чем на предыдущей дифрактограмме и превышает дифракционный максимум от рефлекса 3.34 кварца. Можно предположить, что в почвенных образцах карбонатной составляющей больше, чем в предыдущем горизонте, как и глинистого компонента. Дифракционные максимумы от полевой шпатовой составляющей практически не изменились, что говорит о стабильном количестве этого минерала во всех исследуемых образцах.

Индексирование дифрактограмм от образцов горизонтов 2-0-10, 2-20-30 и 2-40-50 показало, что качественное и количественное соотношение минеральной ассоциации такое же, как и в предыдущих образцах. Глинистые минералы очень реакционноспособны и выступают в роли катализаторов превращения органических веществ в засушливых условиях. Функционально они являются основными носителями физико-химической поглотительной способности почв, что имеет большое значение для плодородия (Ferretti, Cruciani, 2022).

Изучение минералогического состава глинистой фракции показало, что на порошковых дифрактограммах глинистая составляющая по интенсивности дифракционного максимума в малоугловой области была средней величиной (рис. 3). Во всех образцах почвы выявлено ее присутствие в виде хлорита, слюдистого минерала и, по всей вероятности, каолинита. По форме частиц, характеру контуров, кривых дифракционной картины глинистой составляющей выявлены преобладающие минералы, способствующие усилению ростовых процессов при высокой температуре и недостаточной степени увлажнения. Наличие значительного количества монтмориллонита наряду с высокой емкостью поглощения обуславливает сильное набухание почв и накопление влаги, обеспечивающее устойчивое состояние по показателям засухоустойчивости и жароустойчивости. Кривая дифракционной картины природного образца свидетельствовала об улучшении катионного обмена и повышения плодородия почв (рис. 3а).

Качественное определение хлорита, находящегося в почвах или молодых отложениях, затруднено, поскольку он плохо окристаллизован. Однако по характеру поведения дифракционных максимумов, а главным образом – по порядку базального рефлекса от плоскости спайности (001), выявляется наличие железистого или магниезного хлорита, а именно, количество железа в октаэдрических позициях.

Хлориты, в которых соотношение октаэдрических положений, занятых ионами Fe, составляет не более 30%, дают базальное отражение 001 (14.4 Å) средней интенсивности, а отражение 002 (7.08 Å) – слабой интенсивности. Железо-магниевый минерал хлорит похож на глинистые минералы, хотя и ограничен по емкости катионного обмена и набуханию в воде.

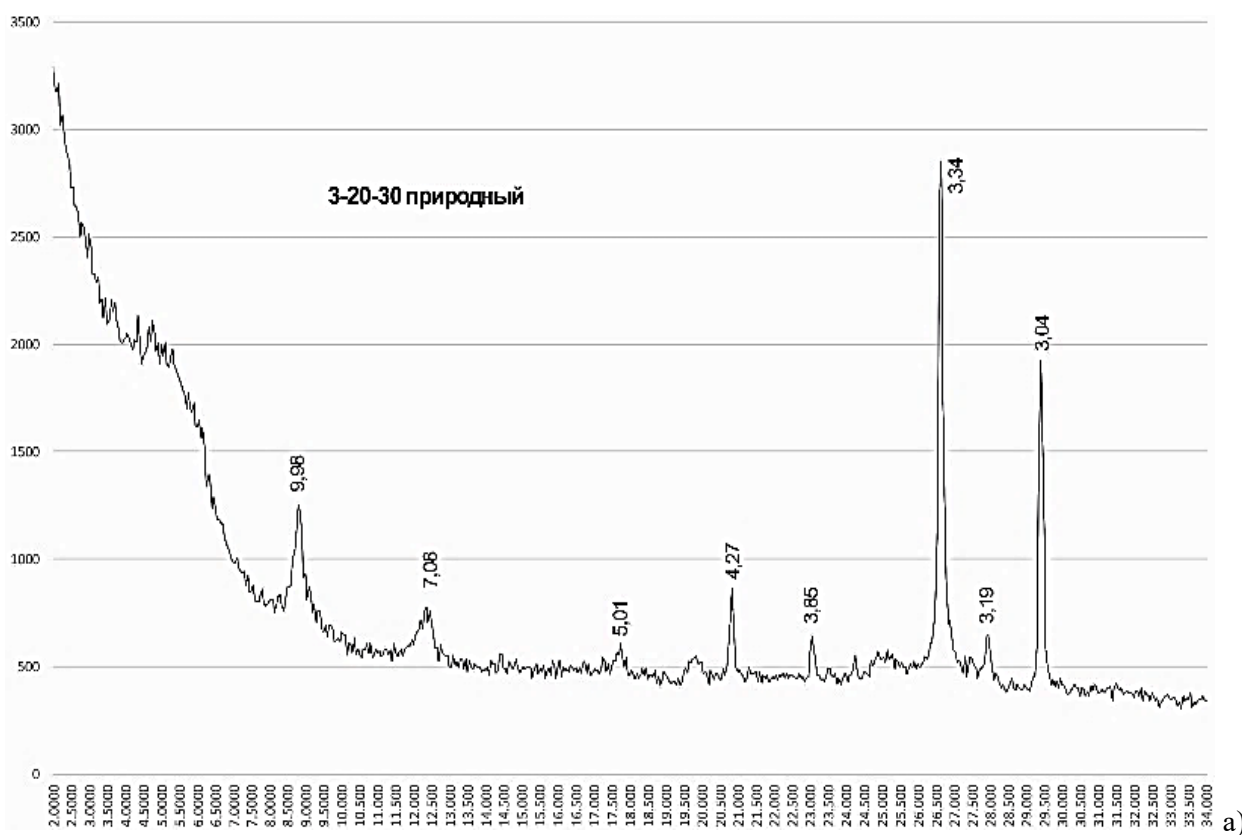


Рис. 3а. Дифракционные картины глинистой составляющей образца 3-20-30 – природный.

Продолжение рисунка 3.

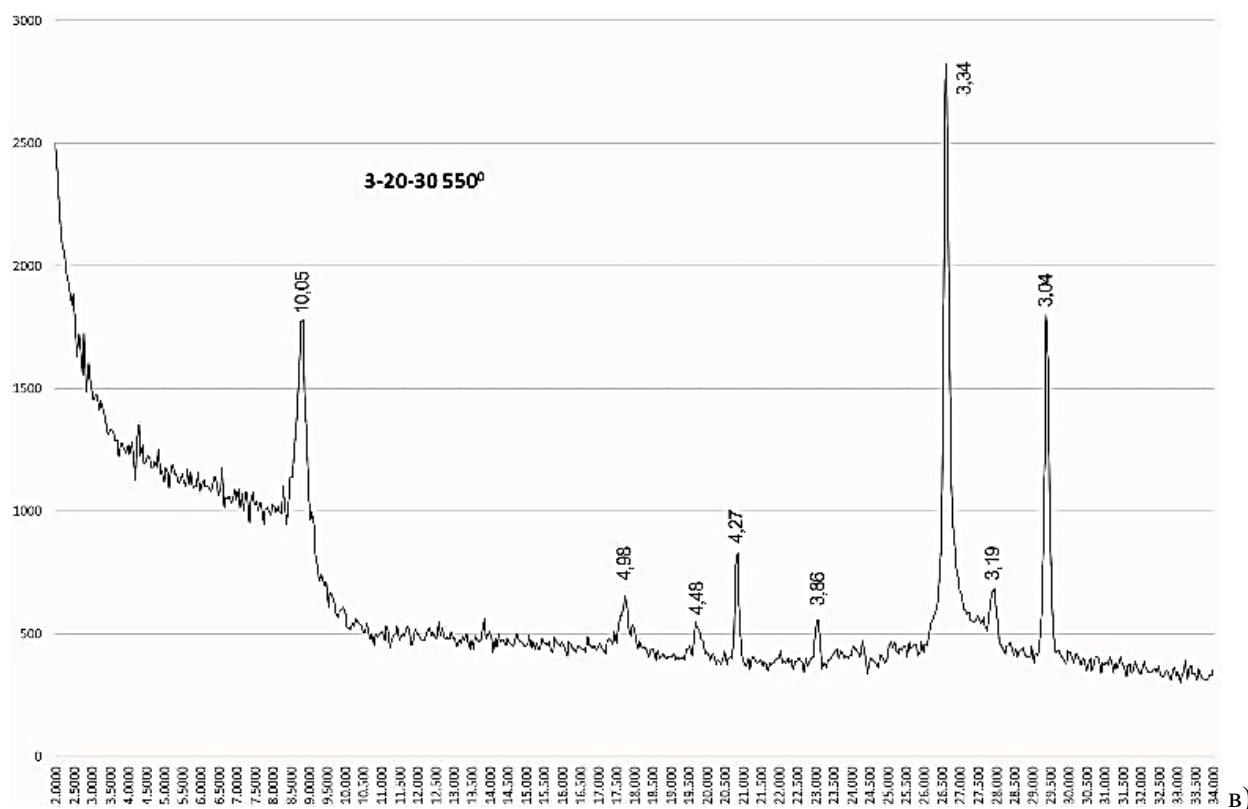
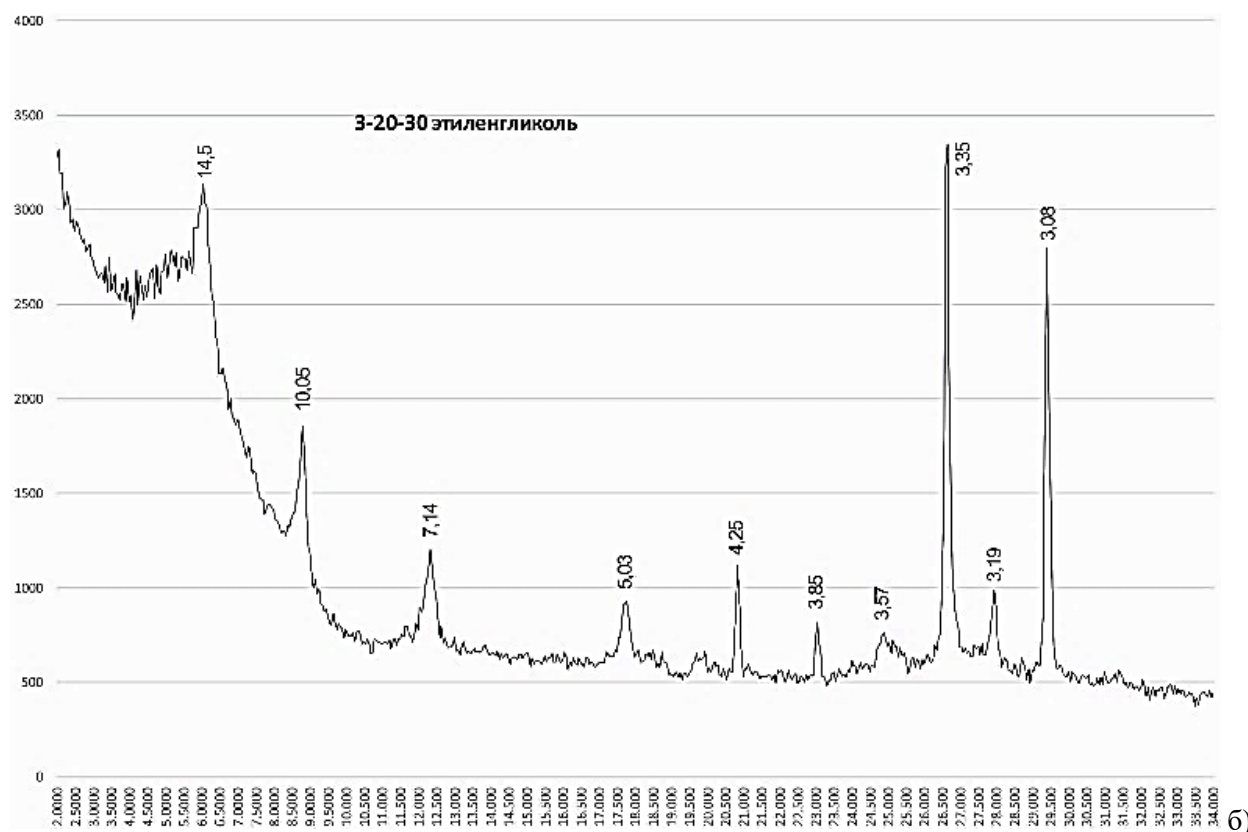


Рис. 3б, в. Дифракционные картины глинистой составляющей образца 3-20-30: б – насыщенный этиленгликолем, в – прокаленный при 550°С.

Тем не менее, он является важным компонентом таких горных пород, как сланец, и благодаря своим способностям образовывать соединения разной окисленности, растворимости и геохимической подвижности играет важную роль в почвенных процессах и формировании ароматобразующих соединений в виноградном растении в аридных условиях.

Обнаружение слюистых минералов в образце достаточно сложно, но, учитывая изменение первого базального рефлекса, можно утверждать о наличии гидрослюды и каолинита. Наличие на дифрактограмме рефлекса 3.57 Å от насыщенного препарата образца 3-20-30 может указывать на присутствие в соединении этого минерала. В пользу этого предположения говорит тот факт, что после прокаливания на дифрактограмме образца 3-20-30 (рис. 3в) полностью отсутствуют рефлексы в области 7.14 и 3.57 Å, что свидетельствует о разрушении данного минерала при этой температуре и переходе его в мулит.

Рентгенографическая характеристика почвы изучаемой территории продемонстрировала преимущественное содержание кальцинита, кварца, полевого шпата и глинистой составляющей (железистого хлорита, каолинита, гидрослюд), присутствие которых обусловлено их наследованием от окружающих литологий и почвенных процессов, характерных аридным условиям. Анализы характеризуют плодородие на уровне показателей средней степени обеспеченности питательными веществами, по гидролизуемому азоту – выше средней степени обеспеченности (табл. 1). Это указывает на преобладающую роль накопления органических веществ над величиной минерализации и отчуждения.

Таблица 1. Содержание гумуса и питательных веществ.

Разрез глубины, см	Гумус, %	Минеральные элементы, мг/100 г			рН водный
		N	P	K	
Р 1:					
0-10	2.82	4.5	2.0	27.1	7.1
20-30	1.34	3.3	1.1	20.5	7.3
40-50	0.53	1.0	0.6	19.4	7.0
Р 2:					
0-10	3.01	4.6	1.8	26.5	7.3
20-30	2.30	2.9	0.9	20.3	7.4
40-50	1.03	1.2	0.3	21.5	7.2
Р 3:					
0-10	2.90	3.7	1.9	29.2	7.2
20-30	1.25	2.8	1.3	25.4	7.4
40-50	0.39	1.1	0.2	20.7	7.5

Гидролизуемая форма азота (N) варьирует от 1.1-4.6, фосфор (P) – от 0.2-20.0, калий (K) – 19.4-29.2 мг/100 г. По всем участкам показатель рН остается постоянным в пределах показателей характерных зональным почвам аридного климатического пояса. Как правило, слабощелочная и нейтральная реакция почвенной среды влияет на увеличение кислотности винограда и концентрации спиртовых соединений в вине.

Отличительной чертой при переходе к горизонту В в слое 20-30 см являются факторы, определяющие влияние глубокой плантажной обработки. Количество питательных элементов (N, P и K), необходимых для роста и развития растений, укладывается в рамки средних показателей плодородия почв. Показано, что фосфорные соединения обладают устойчивым сохранением в течение вегетационного периода развития растений, однако показано нестабильное количество подвижного фосфора. Рекомендуется проведение подкормок фосфорными удобрениями в фазу формирования урожая и развития генеративных органов. Относительно обеспеченности калием следует отметить значительное содержание его в почве при ограниченной доступности существующих компонентов почвенного плодородия.

Почвенные процессы протекают на фоне зональных автоморфных условий при наличии естественного дренирующего сложения рельефа и гидрологического строения территории.

Основной показатель засоления – величина сухого остатка солей – не превышает 0.2%. Выявленный солевой состав иллюстрирует преобладающую роль бикарбонатов Na, K, где HCO₃ составляет 0.33 мг-экв. Однако преобладающее значение щелочных солей (при небольшом абсолютном количестве) указывает на засушливость климата и недостаток атмосферных осадков.

В отношении солевого состава необходимо указать отсутствие признаков засоления по всему профилю с агробиологическими особенностями (табл. 2).

Таблица 2. Анализы солевого состава водных вытяжек.

Разрез, глубины, см	Сухой остаток, %	мг-экв/100 г почвы					
		HCO ₃	Cl	SO ₄	Ca	Mg	Na + K
Р 1: 0-10	0.115	<u>0.056</u>	<u>0.004</u>	<u>0.023</u>	<u>0.009</u>	<u>0.03</u>	0.81
		0.92	0.11	0.48	0.48	0.25	
		<u>0.046</u>	<u>0.003</u>	<u>0.021</u>	<u>0.007</u>	<u>0.002</u>	
20-30	0.099	0.79	0.09	0.44	0.44	0.15	
<u>0.041</u>	<u>0.004</u>	<u>0.21</u>	<u>0.006</u>	<u>0.002</u>	0.74		
40-50	0.094	0.68	0.12	0.44		0.44	0.20
<u>0.043</u>	<u>0.004</u>	<u>0.22</u>	<u>0.008</u>	<u>0.003</u>		0.64	
Р 2: 0-10	0.094	0.70	0.10	0.46	0.46		0.25
<u>0.033</u>	<u>0.005</u>	<u>0.20</u>	<u>0.009</u>	<u>0.002</u>	0.49		
20-30	0.081	0.54	0.13	0.42		0.42	0.15
<u>0.032</u>	<u>0.003</u>	<u>0.021</u>	<u>0.007</u>	<u>0.002</u>		0.49	
40-50	0.072	0.52	0.08	0.44	0.44		0.20
<u>0.035</u>	<u>0.005</u>	<u>0.022</u>	<u>0.008</u>	<u>0.004</u>	0.48		
Р 3: 0-10	0.086	0.58	0.14	0.46		0.46	0.30
<u>0.38</u>	<u>0.004</u>	<u>0.21</u>	<u>0.010</u>	<u>0.002</u>		0.48	
20-30	0.087	0.62	0.12	0.44	0.44		0.20
<u>0.039</u>	<u>0.005</u>	<u>0.21</u>	<u>0.011</u>	<u>0.001</u>	0.58		
40-50	0.092	0.64	0.15	0.44		0.44	0.10

Исследуемые почвы – светло-каштановые, плантажированные, карбонатные – характеризуются небольшим содержанием гумуса в горизонте А (2.8-3.0%), высоким расположением в профиле карбонатных отложений белоглазки и выделений гипса. В горизонте В показано повышенное содержание илистой фракции, что приводит к некоторому уплотнению этого слоя, уменьшению дренированности.

При интерпретации полученных данных по вину мы опирались на исследования связи геологии, оценки почвы и терруара виноградника (Temerdashev et al., 2024). Следует отметить, что присутствие элементов в почве не обязательно напрямую коррелирует с содержанием их в винограде или вине, поскольку элементы различаются по способу биоаккумуляции (Hopfer et al., 2015). Более высокое накопление элементов характерно для твердых частей ягоды – кожицы, клеточных стенок, мякоти и семян (Blotevogel et al., 2019). В связи с этим для установления регионального происхождения вина подобраны элементы минерального состава, наименее зависимые от внешних воздействий для конкретной географической зоны (Bronzi et al., 2020; Temerdashev et al., 2024).

Дискриминационная модель региональной кластерной структуры минеральных элементов в вине строилась по следующим предикторам: K > Mg > Na > Ca > Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Ni > Co.

Преимущественное содержание указанных элементов в винах обусловлено региональной спецификой светло-каштановых почв и близостью виноградников к побережью Каспийского моря. В качестве признаков адаптационной способности культуры винограда к острозасушливым климатическим условиям для вин данного региона обнаружены повышенные концентрации K, Mg, Na, Ca, средняя концентрация которых составила 99.13% от общей суммы изучаемых минеральных веществ.

В винах обнаружено доминантное количество калия, обеспечивающее их бактерицидные свойства. Обычно высокие уровни калия обнаруживаются в почвах, полученных из пород,

содержащих большое количество полевого шпата, иллита, слюды, сланца, что подтверждается нашими данными (Khalilova et al., 2022). Обнаруженное присутствие слюды в илстой фракции указывает на запасы калия в почве, поскольку он может высвободиться из таких минералов в результате выветривания (Gonçalves et al., 2022). Поступающий в растение и вино магний присутствует в почве в форме различных минералов (иллит, монтмориллонит, хлорит и др.). Наличие железа обусловлено железистым или магнезиальным хлоритом. Несколько повышенное количество натрия в образце обусловлено региональной спецификой светло-каштановых почв. Определенный интерес представляет участие минеральных элементов почвы и породы в формировании элементов вина (табл. 3).

Таблица 3. Содержание минеральных элементов в компонентах экосистемы винограда.

Элементы	Содержание, %				
	Вино	Почва, 0-10 см	Порода, 90-100 см	Соотношение элементов, почва/вино	
				0-10 см	90-100 см
калий	92.52	0.749	0.456	0.0081	0.0049
натрий	2.93	0.061	0.103	0.021	0.035
кальций	0.262	0.470	0.740	1.794	2.824
магний	3.382	0.580	0.993	0.171	0.294
железо	0.732	0.601	0.470	0.821	0.642
цинк	0.015	0.008	0.004	0.533	0.267
кобальт	0.002	0.012	0.013	6.000	6.500
марганец	0.057	0.434	0.211	7.614	3.702

Соотношение минеральных веществ в готовом вине имеет сложную, косвенную и отдаленную корреляцию с минералами почв виноградника. При анализе содержания минеральных элементов в компонентах экосистемы выращивания винограда было обнаружено, что с увеличением глубины отбора образцов концентрация подвижных форм К, Fe, Zn и Mn снижается, тогда как для элементов Са, Mg, Na наблюдается обратная корреляция; накопление Со имеет практически неизменную величину. Перераспределение элементов в ареале светло-каштановой почвы в перечисленных горизонтах характеризует функциональную роль и степень их участия в развитии виноградного растения в засушливых климатических условиях. Результаты исследований минеральных элементов в почве данного региона и вине показали общую закономерность преимущественного содержания К, Mg и Са.

Воздействие климата на развитие виноградной лозы и созревание винограда в основном связано с температурой, радиацией и осадками (Khalilova et al., 2024). Влияние типа и состава почвы в первую очередь связано с доступностью воды и поставкой питательных элементов. За последние годы были достигнуты значительные успехи в изучении влияния климата и почвы на широкий спектр молекул, ответственных за выражение аромата вина (Van Leeuwen et al., 2020). Биохимический, в т.ч. азотный статус почвы и виноградной лозы оказывает большое влияние на ароматические соединения в винограде и вине (Van Leeuwen et al., 2018; Gonçalves et al., 2022; рис. 4).

Виноградной лоза в условиях переменного-влажного климата, подверженного опустыниванию, и специфического биогеохимического состава почв рассматриваемых виноградников способствует формированию урожая винограда с качественными отличиями, близкими к показателям продукции, выращиваемой на почвах Средиземноморского региона. Основным фактором является незначительное изменение климата (соотношение в воде тепла и влаги) под влиянием накопленного объема воды в Дербентской впадине Каспия, т.е. естественное углубление морского дна (> 700 м н.у.м. БС). Этот вопрос постановочный, требующий для доказательства дополнительных исследований.

Продемонстрировано, что карбонатные и глинистые минералы светло-каштановых почв (рис. 3), могли повлиять на высокое содержание ароматических составляющих красного вина – карбонильных соединений (ацетальдегид, диацетил, ацетон, фурфурол 2.3 бутиленгликоль Р. и 2.3 бутиленгликоль N.).

По градиенту снижения далее следуют сложные эфиры (этилацетат, метилацетат, этилкапронат, этиллактат, этиллаурат, этилпропионат), алифатические спирты (1-пропанол, метанол, этанол, 2 капранол, изобутанол, 1-бутанол, изоамиловый спирт, 1-гексанол) и алифатические кислоты (уксусная, изомасляная, масляная, изовалериановая кислоты).

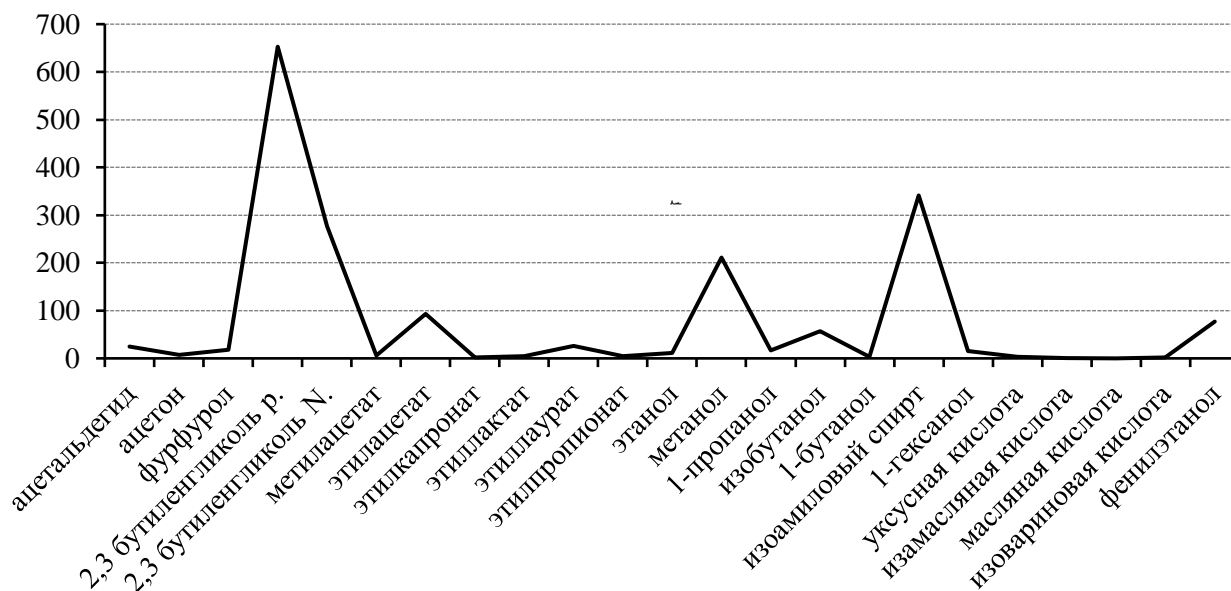


Рис. 4. Массовая концентрация ароматических веществ в красных столовых винах.

Выводы

Проведен биогеохимический анализ минералогического и физико-химического состава почвы прибрежного виноградарского региона Республики Дагестан. Представленная информация минералогического состава почв позволяет оценить присутствие кальцитина, кварца, шпата и глинистую составляющую (железистый хлорит, слоистый силикат каолинит, гидрослюда), обусловленное окружающими литологиями, к которым относятся преимущественно известняки, мергели и другие осадочные породы.

Морфологические признаки почв обнаружили полнопрофильное строение хорошо структурированных горизонтов, сочетающих признаки светло-каштановых карбонатных почв. Показано, что количество доступного в почве азота (N) варьировало в пределах 1.1-4.6, фосфора (P) – 0.2-2.0, калия (K) – 19.4-29.2 мг/100 г. Содержание гумуса в верхнем горизонте составило 2.8-3.0%. Исследование состава и свойств почвы виноградников, расположенных на территории южного Дагестана, возраст которых превышает 30-40 лет, показало, что почва остается достаточно обеспеченной необходимыми элементами и их соотношением для получения планируемого урожая в условиях засушливого климата аридизации и опустынивания.

Установлено, что образцы экспериментальных терруарных вин из винограда Каберне Совиньон имели высокую дегустационную характеристику, биологически ценный компонентный состав минеральных и ароматических веществ. Дискриминационная модель региональной кластерной структуры минеральных элементов в вине строилась по следующим предикторам: $K > Mg > Na > Ca > Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Co$, в почве – $K > Fe > Mg > Ca > Mn > Na > Co > Zn$. Повышенное накопление в виноматериалах катионов калия, магния, натрия и кальция обусловлено воздействием прибрежной экосистемы на почвенный покров побережья и, косвенно, горных территорий.

Развитие ресурсоведческого потенциала земли в современных условиях отмечается ускорением темпов производства биологической продукции и роста численности населения. Стала очевидной ограниченность ресурсов и целесообразность расширения площадей освоенных земель под продуктивные виды угодий. В решении этих задач определенное значение имеет расширение площадей интенсивных отраслей, вносящих значительный вклад в производство пищевых

и продовольственных ресурсов. К этой группе отраслей относится виноградарство и винодельческое направление отраслей народного хозяйства, получившие широкое распространение в засушливых регионах юга России.

Роль виноградарства в биосфере заключается не только в производстве пищевых и технических ресурсов и удовлетворении потребностей общества. Функции, выполняемые этой отраслью, приобретают большое значение в качестве одного из факторов рационального использования почвенных ресурсов и проведения мероприятий регионального масштаба по борьбе с опустыниванием и аридизацией земель.

Финансирование. Работа выполнена в рамках госзадания Института геологии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН «Ландшафтно-геохимическое районирование Прикаспийской низменности», регистрационный № НИОКТР ААА-А-17-117-0213-101-99-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ариунушкина Е.В.* 1970. Руководство по химическому анализу почв. 2 изд. М.: МГУ. 488 с.
- ГОСТ 4640-76. 1995. Вага минеральная. Технические условия. М.: Изд-во стандартов. 7 с.
- Залибеков З.Г., Исмаилов И.Н., Котенко М.Е., Магомедов Р.А., Мустафаев З.М., Гамзатова Х.М.* 2024. О функциональной роли элементов земельного кадастра в условиях аридного почвообразования // Аридные экосистемы. Т. 30. № 1 (98). С. 136-146. [*Zalibekov Z.G., Ismailov I.N., Kotenko M.E., Magomedov R.A., Mustafaev Z.M., Gamzatova Kh.M.* 2024. On the Functional Role of Land Cadaster Elements under Conditions of Arid Soil Formation // *Arid Ecosystems*. Vol. 14. No. 1. P. 116-125.]
- Залибеков З.Г., Мамаев С.А., Магомедов Р.А., Мусаев М.А., Мусалаева П.Д.* 2023. О почвенно-географическом феномене европейской части юга России // Аридные экосистемы. Т. 29. № 2 (95). С. 36-44. [*Zalibekov Z.G., Mamaev S.A., Magomedov R.A., Musaev M.A., Musalaeva P.D.* 2023. Soil-Geographical Phenomenon in the South of European Russia // *Arid Ecosystems*. Vol. 13. No. 2. P. 154-160.]
- Овсяченко А.Н., Корженков А.М., Гаджиев М.С., Ларьков А.С., Рогожин Е.А.* 2020. О сейсмоструктурной деформации раннесредневековой крепостной стены г. Дербент (Дагестан) // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. Т. 493. № 1. С. 63-67.
- ОСТ 46-52-76. 1976. Методы агрохимических анализов почв. Определение химического состава водных вытяжек и состава грунтовых вод для засоленных почв [Электронный ресурс <https://files.stroyinf.ru/Data1/51/51991/index.htm> (дата обращения 01.08.2024)].
- Шишов Л.Л., Рожков В.А., Столбовой В.С., Шеремет Б.В., Малахова И.А., Зенин А.Г., Вишняков В.А., Мешалкина Ю.Л.* 1986. Методическое руководство по описанию почв в системе информационной базы классификации. М.: Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина, Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 126 с.
- Bambina P., Pollon M., Vitaggio C., Lo Papa G., Conte P., Cinquanta L., Corona O.* 2024. Effect of Soil Type on Some Composition Parameters of *Vitis vinifera* L. cv. Nero d'Avola Grapes at Different Stages of Ripening // international journal of food Science & Technology. Vol. 59. P. 2361-2374.
- Blotevogel S., Schreck E., Laplanche C., Besson P., Saurin N., Audry S., Viers J., Oliva P.* 2019. Soil Chemistry and Meteorological Conditions Influence the Elemental Profiles of West European Wines // *Food Chemistry*. Vol. 298. P. 125033.
- Bronzi B., Brilli C., Beone G.M., Fontanella M.C., Ballabio D., Todeschini R., Consonni V., Grisoni F., Parri F., Buscema M.* 2020. Geographical Identification of Chianti Red Wine Based on ICP-MS Element Composition // *Food Chemistry*. Vol. 315. P. 126248.
- Brown G.* 1965. X-ray Research Methods and Structure of Clay Minerals. Mir, Moscow, p. 599.
- De Andres-de Prado R., Yuste-Rojas M., Sort X., Andres-Lacueva C., Torres M. and Lamuela-Raventos R.M.* 2007. Effect of Soil Type on Wines Produced from *Vitis vinifera* L. cv. Grenache in Commercial Vineyards // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 55. P. 779-786.
- Ferretti C.G., Cruciani G.* 2022. Vineyards and Soil Mineralogy: Analytical Approach to Assessing Clay Minerals and Correlations With Soil's Properties. Terclim 2022 // XIV International Terroir Congress and 2nd Climate and Wine Symposium. July 3-8, 2022. IVES Conference Series. P. 1-5.
- Gonçalves M.G.M., Brant L.A.C., da Mota R.V., Peregrino I., de Souza C.R., de Albuquerque Regina M., Fruett T., Inda A.V., Curi N., de Menezes M.D.* 2022. Soil and Climate Effects on Winter Wine Produced under the Tropical Environmental Conditions of Southeastern Brazil // *OENO One*. Vol. 56. No. 2. P. 63-79.
- Hopfer H., Nelson J., Collins T.S., Heymann H., Ebeler S.E.* 2015. The Combined Impact of Vineyard Origin and Processing Winery on the Elemental Profile of Red Wines // *Food Chemistry*. Vol. 172. No. 1. P. 486-496.
- Jiménez-Ballesta R., Bravo S., Amoros J.A., Pérez-de-los-Reyes C., García-Giménez R., Higuera P.L.* 2020. Francisco

Jesus García Navarro Mineralogical and Geochemical Nature of Calcareous Vineyard Soils from Alcubillas (La Mancha, Central Spain) // *International Journal of Environmental Research and Public Health (IJERPH)*. Vol. 17. No. 17. P. 6229-6242.

Jiménez-Ballesta R., Bravo S., Pérez-de-los-Reyes C., Amorós J.A., García-Navarro F.J. 2023. Soil Properties of Vineyards on Arkoses as a Basis to Understand their Suitability and Optimum Performance // *European Journal of Soil Science*. Vol. 74. No. 4. P. 13401.

Khalilova E.A., Islammagomedova E.A., Abakarova A.A., Kotenko M.E., Aliverdieva D.A. 2024. Soil-Climatic Conditions of the Vineyard and Biochemical Characteristics of the Red Dry Wine “Kara-Koysu” (Republic of Dagestan, Russian Federation) // *Journal of Wine Research*. Vol. 35. No. 4. P. 307-322.

Khalilova E.A., Kotenko S.Ts., Islammagomedova E.A., Abakarova A.A., Aliverdieva D.A. 2022. Influence of Soil and Climate on the Biological Potential of “Kara-Koysu” Dry Red Wines from Cabernet-Sauvignon Grapes (Republic of Dagestan) // *Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*. Vol. 23. No 2. P. 141-154.

Koppen W. 1936. Das geographical System der Klimate, in: *Handbuch der Klimatologie* / Eds. W. Koppen, G. Geiger. Vol. 1. C. Gebr, Borntraeger. 44 p.

Temerdashev Z., Abakumov A., Khalafyan A., Bolshov M., Lukyanov A., Vasilyev A., Gipich E. 2024. The Influence of the Soil Profile on the Formation of the Elemental Image of Grapes and Wine of the Cabernet Sauvignon Variety // *Molecules*. Vol. 29. No. 10. P. 2251.

Van Leeuwen C., Barbe J.-C., Darriet P., Geffroy O., Gomès E., Guillaumie S., Helwi P., Laboyrie J., Lytra G., Le Menn N., Marchand S., Picard M., Pons A., Schüttler A., Thibon C. 2020. Recent Advancements in Understanding the Terroir Effect on Aromas in Grapes and Wines // *OENO One*. Vol. 54. No. 4. P. 985-1006.

Van Leeuwen C., Roby J.-Ph., de Rességuier L. 2018. Soil-Related Terroir Factors: A Review // *OENO One*. Vol. 52. No. 2. P. 173-188.