

## ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ СЕГРЕГАЦИОННЫХ КРЫМА ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ<sup>1</sup>

© 2021 г. О. Е. Клименко<sup>а</sup> \*, Н. И. Клименко<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,  
спуск Никитский, 52, Республика Крым, г.п.т. Никита, Ялта, 298648 Россия

\*e-mail: olga.gnbs@mail.ru

Поступила в редакцию 15.05.2020 г.

После доработки 18.06.2020 г.

Принята к публикации 24.10.2020 г.

Показано, что лесные насаждения, произрастающие на агрочерноземах сегрегационных постагрогенных степного Крыма на протяжении 50-ти лет, повлияли на их свойства. Степень влияния зависела от экологических условий и вида древесного растения. Так, на мощных почвах в нижней части широкого ложинообразного понижения под насаждениями псевдотсуги Мензиса и бундука канадского произошло значительное накопление  $S_{орг}$ ,  $N_{вал}$  и их запасов, уменьшилась плотность сложения, увеличилась мощность гумусового слоя и улучшилось его структурное состояние, уменьшилось содержание карбонатов по сравнению с почвой под садом, которая на протяжении этого же времени содержалась под черным паром. В среднемощных почвах, расположенных на склоне к ложинообразному понижению, степень проявления изменения вышеперечисленных свойств была меньше, но наиболее четко проявлялась под можжевельником виргинским и орехом черным. К отрицательным свойствам длительного произрастания древесных интродуцентов в степи следует отнести слабое накопление легкорастворимых солей глубже 60 см под маклюрой оранжевой, сосной крымской и можжевельником виргинским и подшелачивание (под сосной). Предлагается использовать широкие ложинообразные понижения равнинного Крыма для лесоразведения. Наиболее адаптированными к условиям равнинного Крыма, улучшающими плодородие почвы, будут бундук канадский, псевдотсуга Мензиса, орех черный и можжевельник виргинский.

**Ключевые слова:** зеленые лесные насаждения, почвы, плодородие, равнинный Крым, Naplic Chernozem, Calcic Chernozem

**DOI:** 10.31857/S0032180X21050129

### ВВЕДЕНИЕ

Влияние лесных полезащитных полос и агролесомелиорации на климат, свойства почв, а также состояние и продуктивность агроэкосистем трудно переоценить. Они выполняют климатообразующую, средообразующую, водорегулирующую, водоохранную, почвозащитную, противозерозионную, почвоохранную функцию, а также одну из важнейших функций в биосфере – поддержание экологического баланса [3, 26].

Программа упорядочивания водного хозяйства в степях России для борьбы с засухой, предложенная В.В. Докучаевым, включала защиту почв от эрозии и пыльных бурь, создание водоемов для накопления влаги, искусственных лесных массивов и полос. В 1892–1894 гг. в Каменной степи были произведены первые закладки лесополос. С

развитием сельского хозяйства, увеличением площади пашни в СССР в 50–60-х годах прошлого столетия начались активные лесомелиоративные работы, когда было заложено 1286 тыс. га зеленых лесных насаждений (ЗЛН). К настоящему времени из них сохранилось 286 тыс. га. Всего в России насчитывается 2.74 млн га ЗЛН, что в 3 раза меньше научно обоснованных норм облесения [14]. Около 1.4 млн га из них нуждаются в улучшении санитарного состояния и реконструкции.

В Крыму в 1949–1960 гг. было высажено более 25 тыс. га ЗЛН, из них в равнинной части более 16 тыс. га [1]. В настоящее время из них осталось 10 тыс. га, большинство из которых находится в неудовлетворительном состоянии [3, 16]. В южных степных районах нашей страны, в том числе в равнинном Крыму, полезащитные лесные полосы выполняют функцию регулирования поверхностного стока и снегораспределения, увеличивают водный баланс территории, повышают влажность воздуха и почвы прилегающих полей,

<sup>1</sup> Дополнительная информация для этой статьи доступна по doi 10.31857/S0032180X21050129 для авторизованных пользователей.

что приводит к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур на 10–40% по сравнению с открытым пространством [18].

Важным элементом регулирования климата, гидрологических и биогеохимических режимов агроландшафтов является лесистость. Естественная лесистость за последние 100 лет значительно сократилась и составляет в Центральной черноземной области около 10% [4]. Это приводит к развитию водной и ветровой эрозии. В связи с этим предлагается ввести экологический норматив лесистости в агроландшафтах степи в пределах 15–20% путем создания, как сплошных, так и полосных ЗЛН [19, 26].

Воздействие ЗЛН на климатические и почвенные показатели, а также продуктивность агроценозов изучалась во многих областях СССР и России как в Центральной черноземной области на черноземах выщелоченных и лугово-черноземных почвах лесостепи, так и в южных районах европейской части на черноземах обыкновенных и южных, а также на почвах Поволжья, Юга Сибири, в Украине, Румынии, Индии и других странах [4, 5, 8, 13, 21, 24, 27, 29–31]. Все исследователи отмечают улучшение структурного и гумусового состояния почв, некоторых показателей водного режима и уменьшение плотности под ЗЛН. Украинские почвоведы называют такие черноземы лесосоулучшенными [21, 25]. Однако в настоящее время исследований по влиянию ЗЛН на физические и химические свойства черноземов Крыма, особенно с учетом влияния конкретных пород, не проводилось.

В связи с этим целью нашего исследования было изучить влияние длительного произрастания ЗЛН, а также конкретных видов деревьев на свойства агрочерноземов сегрегационных степного Крыма.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели в 2017 г. проведены почвенные исследования в Степном отделении (в настоящее время – лаборатория степного садоводства) Никитского ботанического сада (с. Новый Сад Симферопольского района Республики Крым). В начале 70-х годов прошлого столетия на территории отделения были высажены лесные полосы из сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don), ореха черного (*Juglans nigra* L.), можжевельника виргинского (*Juniperus virginiana* L.), маклюры оранжевой (*Maclura pomifera* (Raf.) S.K. Schneid) и других культур. Была создана дендрологическая коллекция (дендропарк) на западной окраине с. Новый Сад. Здесь проводилась акклиматизация и интродукционное изучение новых для степного Крыма декоративных деревьев и кустарников.

Территория отделения находится в южной приподнятой части Центрально-Крымской возвышенной пологоволнистой равнины в пределах центрального равнинно-степного агроклиматического района Крыма. Район отличается засушливым климатом с умеренно-жарким вегетационным периодом и мягкой неустойчивой зимой [2]. Среднегодовая температура воздуха места проведения исследований 10.5°C, среднегодовое количество осадков 480 мм. Почвообразующие породы – плиоценовые красно-бурые глины, характеризующиеся “плотностью, глыбистостью и слабой пористостью, высоким содержанием карбонатов и гипса” [20, с. 14]. Почвообразующие породы легкоглинистого, реже среднеглинистого гранулометрического состава (содержат частиц размером менее 0.01 мм 50–66%) с высоким содержанием ила – 30–43%.

Объектами исследования были почвы, длительно находящиеся под лесонасаждениями и залежью – черноземы сегрегационные постагрогенные среднемошные и мощные местами глубококолочаковатые турбированные легкоглинистые на красно-бурых легких глинах с формулой профиля AUtr(ca)–(ABtr,ca)–BCA–BCAnc–BCca,nc(s) [13], по WRB-2015 [32] Haplic Chernozems (Clayic). Почвы под садами – агрочерноземы сегрегационные карбонатные среднемошные PUtr,ca–AUca–BCA–BCAnc–BCca,nc–Cca [11], Calcic Chernozem (Clayic, Agic) [28]. Перед закладкой насаждений все почвы были плантажированы на глубину 60 см. В современном профиле почвы под лесонасаждениями и залежью пахотный горизонт не выделялся, турбированность в мощных почвах проявлялась в нижней части плантажного слоя в виде крупных языков и пятен нижележащего горизонта, в разрезах среднемошных почв нередко отсутствовал нижний переходный гумусовый горизонт.

Для оценки изменения свойства почв под влиянием ЗЛН 45–47-летнего возраста различного породного состава заложены разрезы в лесополосах вышеперечисленных интродуцентов, а также в дендропарке в массивах псевдотуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) и бундука канадского или двудомного (*Gymnocladus dioica* (L.) C. Koch). Для сравнения заложены разрезы в дендропарке на куртине, не занятой древесной растительностью (залежь с 1970 г., положительный контроль), а также в садах черешни и персика – отрицательный контроль, расположенных к северу от дендропарка. Почва в саду содержится под черным паром. После каждой ротации сада (20–25 лет) почва подвергалась повторной плантажной вспашке на глубину 60 см. Почвы под садами на протяжении длительного времени до 2014 г. орошались водами р. Салгир и Северо-Крымского канала.



**Рис. 1.** Схема расположения разрезов: 5 – сад черешни, 6 – сад персик, 8 – маклюра оранжевая, 9 – бундук канадский, 10 – сосна крымская, 12 – орех черный, 13 – псевдотсуга Мензиса, 14 – залежь, 15 – можжевельник виргинский. Примечание: в качестве топоосновы использована карта высот, троп и родников Крыма [http://www.etomesto.ru/map-krym\\_vysoty-tropy-rodniki/](http://www.etomesto.ru/map-krym_vysoty-tropy-rodniki/).

Природный ареал большинства изученных древесных интродуцентов находится в Северной Америке, сосна крымская распространена на Балканах, южных склонах Яйлы горного Крыма и на Кавказе, но хорошо акклиматизирована в степном Крыму. Все они успешно интродуцированы и рекомендованы для создания лесных насаждений степного Крыма, однако их использование в культуре весьма ограничено [12, 17].

Схема посадки растений в лесополосах  $2 \times 2$  м в 2–3 ряда. Высота деревьев в основном составляет 8–12 м, кроме сосны, которая достигает 12–15 м, и маклюры, где большинство деревьев имеет высоту 5–7 м и кустовую форму с 3–7 стволами. Сомкнутость крон в большинстве насаждений составляет 0.7–0.8, под можжевельником – 0.9–1.0, бундуком – 0.3–0.4. Травяной покров под сосной и можжевельником отсутствовал, в этом случае подстилка достигала 3–5 см, нижняя полуразложившаяся часть которой была обильно пронизана грибным мицелием.

Участки лесополосы маклюры, дендропарка и сада персика сходны по почвообразующей породе, водному режиму, рельефу и находятся в нижней части широкого ложинообразного понижения (120 м над ур. м.), отмеченного ранее при микроклиматических исследованиях данной территории [22]. Разрезы расположены на расстоянии 50–150 м друг от друга вдоль дна ложины

(разрезы 6, 8, 9, 13, 14, рис. 1). Здесь сформировались почвы с мощностью гумусового горизонта 80–90 см.

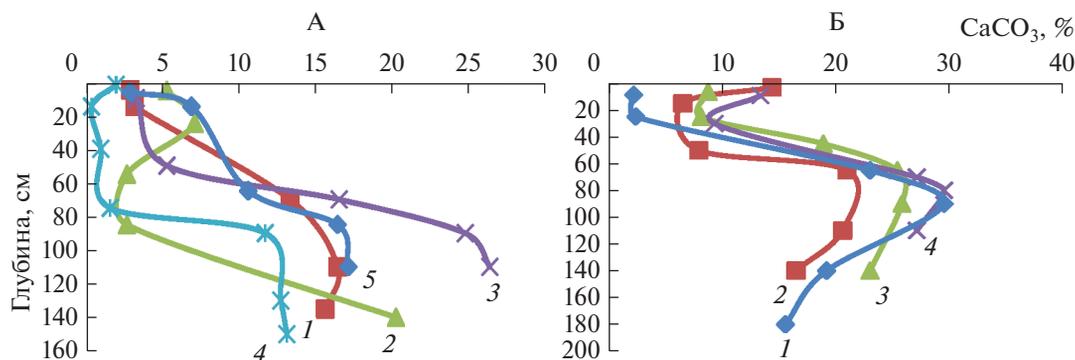
Участок сада черешни, а также массивы лесополос сосны, можжевельника и ореха занимают более высокое положение в рельефе и находятся на слабопологом склоне к ложинообразному понижению на высоте 135–140 м над ур. м., расстояние друг от друга – 100–120 м. Участки схожи по почвообразующей породе, рельефу и водному режиму (разрезы 5, 10, 12, 15). Почвы карбонатные среднемошные с мощностью гумусового горизонта 60–70 см.

Разрезы закладывались на ровном месте на глубину 120–180 см с отбором образцов по генетическим горизонтам, в ЗЛН на расстоянии 50–100 см от ствола дерева. На расстоянии 5–10 м от основного разреза закладывалась дублирующая скважина с отбором образцов по 20-сантиметровым слоям до глубины 80–100 см. В образцах определяли основные физические, физико-химические и химические показатели свойств почв стандартными методами, изложенными в ГОСТах и [6, 7]. Отдельно отбирали образцы для определения плотности сложения почвы по 10-сантиметровым слоям до глубины 100 см и структурно-агрегатного анализа по 20-сантиметровым слоям до глубины 60 см в трехкратной повторности [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Морфология и карбонатность почв.** Мощность гумусового горизонта обследованных почв под садом, насаждениями сосны крымской (далее сосна), можжевельника виргинского (далее можжевельник) и на залежи составила 55–62 см. Под другими породами гумусовый горизонт увеличивался до 75–80 см (маклюра оранжевая, далее – маклюра, псевдотсуга Мензиса, далее – псевдотсуга и орех черный, далее – орех), под растениями бундука канадского (далее – бундук) достигал 90 см за счет глубокого проникновения корней, образования большего количества подвижных форм гумуса и увеличивающегося объема корневых систем в поверхностном слое почвы [5, 6]. Проникновение гумуса по трещинам и ходам корней под этими породами отмечено до 90–120 см.

Граница вскипания и содержание карбонатов в почвах под древесными насаждениями, залежью и садом были различными. В настоящее время почвы под садом вскипают с поверхности из-за перемещения карбонатов на поверхность повторными плантажными вспашками. Под залежью вскипание отмечено с глубины 50 см вследствие подкисления почвы корневыми выделениями трав и выщелачивания карбонатов. Под насаждениями маклюры и псевдотсуги вскипание наблюдалось с глубины 30 см, бунду-



**Рис. 2.** Содержание карбонатов (%) в почвах ценозов. Обозначения здесь и на рис. 3: А: 1 – сад персик, 2 – залежь, 3 – маклюра оранжевая, 4 – бундук канадский, 5 – псевдотсуга Мензиса; Б: 1 – сад черешня, 2 – сосна крымская, 3 – орех черный, 4 – можжевельник виргинский.

ка – с 80 см. Почвы под сосной, можжевельником и орехом вскипали с поверхности.

Содержание карбонатов в почвах колебалось в широких пределах (рис. 2). В слое 0–10(30) см под растениями маклюры, бундука и псевдотсуги оно было низким – 2.9–3.3%. Под насаждением бундука низкое содержание карбонатов отмечено до глубины 80 см (рис. 2, А).

В агрочерноземе сегрегационном карбонатном среднемощном содержание карбонатов в пахотном горизонте было в основном более высоким (6.6–14.4%), и лишь в почве под садом черешни (слой 0–30 см) оно было низким, что связано с длительным орошением почвы и вымыванием карбонатов в нижележащие слои (рис. 2, Б). В слое 20–40 см в этой почве отмечалось незначительное уменьшение содержания карбонатов до 6.6–9.4%, что связано с оборотом пласта при плантажной вспашке. В иллювиально-карбонатном горизонте под всеми культурами содержание карбонатов резко увеличивалось, и было максимальным в карбонатных почвах (18.9–29.5%). В мощных почвах его содержание было меньше (5.6–24.7) и больше зависело от конкретного вида декоративного растения. Так, максимальным оно было под насаждениями маклюры и садом персика, минимальным – под бундуком, среднее положение занимали залежь и псевдотсуга (рис. 2, А). В почвообразующей породе содержание карбонатов уменьшалось, но оставалось достаточно высоким (15.6–23.0%).

**Плотность и структурное состояние почв.** При сельскохозяйственном использовании и применении тяжелой техники в садах, где проходы ее ограничены шириной междурядий, происходит значительное уплотнение почв и ухудшение их структурного состояния [8]. По мнению многих исследователей и нашим данным, при агролесомелиорации и на залежи происходит улучшение структуры почвы, особенно верхних слоев [5, 8, 23].

Исследования плотности сложения почвы под различными угодьями показали, что под садом в слое 5–10 см она была невысокой из-за рыхления в результате вспашки (табл. 1). Под залежью в этом слое она имела сопоставимую величину, но структура была комковато-зернистой в отличие от пашни, где она была глыбисто-комковато-покрошистой. С прекращением воздействия техники и активным развитием корневой системы деревьев, под всеми лесными породами плотность сложения почвы в слое 5–10 см уменьшалась, наиболее значительно и достоверно под бундуком – 59% относительно почвы под садом. Плотность сложения почвы в этом слое под орехом уменьшалась незначительно относительно сада и залежи, остальные породы сокращали ее примерно в равной степени – до 0.82–0.85 г/см<sup>3</sup>. В слое 10–20 см плотность увеличилась под всеми угодьями, в том числе и под залежью по сравнению с поверхностным слоем, но под маклюрой, бундуком, сосной и можжевельником эти величины были примерно одинаковыми и меньше, чем под садом и залежью на 0.02–0.04 г/см<sup>3</sup>. В слое 20–100 см значительное и достоверное уменьшение плотности выявлено под насаждениями бундука, маклюры и псевдотсуги на 0.04–0.29 г/см<sup>3</sup> по сравнению с почвой под садом. Под можжевельником и сосной почва в этом слое несколько уплотнялась. Под залежью в слое 20–80 см почва была более уплотненной, чем под садом, что можно объяснить недавним проведением плантажной вспашки при закладке сада в 2016 г.

Оценка структурного состояния почв под различными ценозами проводилась на примере почв под садом, залежью и насаждением псевдотсуги. В почве под садом количество агрономически ценных агрегатов было минимальным из-за высокого содержания глыб (55–77%), причем в слое 20–40 см их количество было наибольшим (табл. 2). В связи с этим коэффициент структурности ( $K_{стр}$ )

**Таблица 1.** Плотность сложения почвы (г/см<sup>3</sup>) под ЗЛН различного состава

Глубина, см	Сад (персик)	Залежь	М <sub>о</sub>	Б <sub>к</sub>	П <sub>м</sub>	О <sub>ч</sub>	С <sub>к</sub>	М <sub>в</sub>
5–10	1.05	1.08	0.85*	0.66*	0.85*	0.98	0.82	0.82*
10–20	1.24	1.24	1.22	1.22	1.38	1.30*	1.22	1.20
20–40	1.24	1.34*	–**	–	1.32	1.33	1.16	1.24
40–60	1.28	1.40	1.32	1.29	1.31	1.24	1.50	1.44
60–80	1.35	1.43	1.22	1.25	1.29	1.34	1.46	1.40
90–100	1.53	1.48	1.24*	1.36*	1.46	1.58	1.50	1.56

\* Разница с почвой под садом персика существенна,  $p \leq 0.05$ . Примечание. Обозначения здесь и далее: прочерк – не определено; М<sub>о</sub> – маклюра оранжевая, Б<sub>к</sub> – бундук канадский, П<sub>м</sub> – псевдотсуга Мензиса, С<sub>к</sub> – сосна крымская, О<sub>ч</sub> – орех черный, М<sub>в</sub> – можжевельник виргинский.

был минимальным и агрегатное состояние в слое 0–40 см было неудовлетворительным ( $K_{стр} < 0.67$ ). Под залежью содержание глыб значительно уменьшилось, особенно в слое 0–40 см за счет увеличения фракции размером 1–3 мм. При этом коэффициент структурности в этом слое возрастал в 4.3–5.3 раза по сравнению с пашней и агрегатное состояние становилось отличным ( $K_{стр} > 1.5$ ), однако в слое 0–20 см по сравнению с пашней увеличивалось количество пылеватых частиц.

Под растениями псевдотсуги содержание агрономически ценных агрегатов увеличивалось существенно в слоях 0–20 и 40–60 см, особенно значительно в последнем по сравнению с пашней и лугом, что связано с более глубоким проникновением корней дерева и их структурообразующей ролью. Коэффициент структурности был высоким в слое 0–20 см, превышая таковой на залежи, и достаточно высоким в слое 40–60 см, что характеризовало структурное состояние как отличное.

Водоустойчивость структуры была больше в почве под садом и характеризовалась как отличная в слое 0–40 см в связи с высоким содержанием карбонатов. С глубиной значения критерия водоустойчивости уменьшались и в слое 40–60 см были почти вдвое меньше по сравнению с вышележащими горизонтами, однако водоустойчивость оставалась очень хорошей. Под залежью и псевдотсугой водоустойчивость структуры понижалась, но под залежью значения критерия водоустойчивости уменьшались с глубиной, а под псевдотсугой были максимальными в слое 40–60 см, что связано с более глубокой корневой системой древесной культуры. В целом под залежью и псевдотсугой водоустойчивость характеризовалась как очень хорошая и отличная.

**Гранулометрический состав почв** был достаточно однородным, в основном легкоглинистым с высоким содержанием ила и крупной пыли, нередко на глубине 60–100 см отмечены среднеглинистые прослойки (табл. 3). Под залежью гранулометрический состав почвы легкоглинистый крупнопылевато-иловатый, почвообразующей породы –

легкоглинистый иловато-пылеватый, редко, на глубине 130–140 см, тяжелосуглинистый. В гумусовом горизонте содержалось максимальное количество частиц физической глины и ила, ниже по профилю оно уменьшалось. В составе фракции физической глины преобладали частицы крупной пыли с равномерным распределением их по гумусовому слою и увеличением в почвообразующей породе. Содержание пыли средней было низким, пыли мелкой было вдвое больше, чем средней и увеличивалось с глубиной.

При многолетнем интенсивном использовании почвы в садовом агроценозе, орошении и частых механических обработках произошло значительное утяжеление гранулометрического состава, в слое 20–80 см почва стала среднеглинистой иловато-пылеватой. Число частиц крупной пыли в этом слое резко сократилось, средней и мелкой пыли возросло в 1.5–3.0 раза, первой – по всему профилю, второй – в гумусовом горизонте. В результате содержание фракции пыли (частиц 0.01–0.001 мм) на пашне возросло в 1.3–2.5 раза по сравнению с залежью. Это свидетельствует о распылении почвы в результате интенсивной обработки и ухудшении ее структурного состояния.

Гранулометрический состав почвы под древесными растениями в ложине был легкоглинистым по всему профилю, пылевато(крупно)-иловатым. Под насаждением маклюры отмечалась среднеглинистая прослойка на глубине 80–100 см. Количество частиц физической глины и ила увеличилось по сравнению с залежью, ила – наиболее значительно в гумусовом слое и достигло 39–43%. Число частиц физической глины варьировало по профилю, но максимальным было в слое 80–100 см. Количество пылеватых частиц было невысоким под псевдотсугой и увеличивалось с глубиной. Под бундуком и маклюрой число частиц пыли мелкой увеличивалось до 23–26% на глубине более 80 см за счет уменьшения содержания средней пыли, неблагоприятной в агрономическом отношении. Содержание пыли было низким под всеми изученными культурами (2.6–8.8%).

Таблица 2. Структурное состояние черноземов сегрегационных под различными угольями

№ разреза, ценоз	Глубина, см	Содержание фракции, мм, %										Сумма фракций, мм, %			К <sub>стр</sub>	Критерий водоустойчи- вости (АФИ), %
		>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25		0.25-10					
									0.5-0.25	<0.25	>10	<0.25				
		мокрое просей- вание														
6, сад, персик	0-20	60.5	11.0	8.2	$\frac{5.3}{2.4^*}$	$\frac{7.7}{2.4}$	$\frac{4.1}{11.4}$	$\frac{1.0}{21.1}$	$\frac{1.3}{10.6}$	$\frac{0.9}{52.1}$	38.6	61.4	47.9	0.60	1378	
	20-40	76.2	5.4	4.0	$\frac{2.6}{0}$	$\frac{4.4}{0.4}$	$\frac{3.8}{7.5}$	$\frac{1.0}{14.7}$	$\frac{1.4}{16.7}$	$\frac{1.2}{60.7}$	22.6	77.4	39.3	0.29	1308	
	40-60	53.0	9.2	6.9	$\frac{5.2}{0}$	$\frac{9.5}{0}$	$\frac{9.0}{3.2}$	$\frac{1.9}{23.4}$	$\frac{3.0}{11.5}$	$\frac{2.3}{61.9}$	44.7	55.3	38.1	0.81	712	
14, залежь	0-20	16.2	11.8	6.9	$\frac{5.1}{0}$	$\frac{14.7}{0}$	$\frac{28.5}{0.7}$	$\frac{2.1}{22.6}$	$\frac{3.0}{19.1}$	$\frac{11.7}{57.6}$	72.1	27.9	42.4	2.58	818	
	20-40	37.2	15.4	10.2	$\frac{7.7}{1.7}$	$\frac{12.9}{2.0}$	$\frac{9.7}{8.1}$	$\frac{1.8}{19.9}$	$\frac{3.1}{13.9}$	$\frac{2.0}{54.4}$	60.8	39.2	45.6	1.55	688	
	40-60	50.6	12.1	8.0	$\frac{5.5}{0}$	$\frac{9.8}{0.2}$	$\frac{7.6}{5.0}$	$\frac{1.8}{17.1}$	$\frac{2.7}{12.1}$	$\frac{1.9}{65.6}$	47.5	52.5	34.4	0.91	649	
13, псевдогуга Мензиса	0-20	24.4	8.5	9.9	$\frac{12.6}{10.6}$	$\frac{28.0}{5.0}$	$\frac{11.8}{23.3}$	$\frac{1.7}{17.4}$	$\frac{1.9}{9.3}$	$\frac{1.2}{34.4}$	74.4	25.6	65.6	2.91	742	
	20-40	41.1	14.2	11.6	$\frac{8.2}{0}$	$\frac{11.5}{0}$	$\frac{7.6}{2.5}$	$\frac{1.6}{18.6}$	$\frac{2.6}{14.8}$	$\frac{1.6}{64.1}$	57.3	42.7	35.9	1.34	795	
	40-60	31.7	12.8	12.1	$\frac{9.3}{0}$	$\frac{16.2}{0}$	$\frac{11.0}{4.9}$	$\frac{1.9}{24.7}$	$\frac{2.9}{17.0}$	$\frac{2.1}{53.4}$	66.2	33.8	46.6	1.96	869	

Примечание. Над чертой – сухое просеивание; под чертой – мокрое просеивание. Агрегатное состояние почвы: если К<sub>стр</sub> > 1.5 – отличное; К<sub>стр</sub> 1.5-0.67 – хорошее; К<sub>стр</sub> < 0.67 – неудовлетворительное. Критерий АФИ: больше 800 – водоустойчивость отличная; 500-800 – очень хорошая.

Таблица 3. Гранулометрический состав почв под различными угодьями, %

№ разреза, ценоз	Слой почвы, см	Содержание фракций, мм						Сумма фракций, мм	
		1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01	0.01–0.001
6, сад, персик	20–40	1.3	9.9	22.9	15.6	18.1	32.2	65.9	33.7
	40–60	0.7	9.7	22.0	16.2	20.0	31.4	67.6	36.2
	60–80	0.3	1.2	22.7	17.6	26.9	31.3	75.8	44.5
	100–120	0.4	7.7	33.7	16.0	18.0	24.2	58.2	34.0
14, залежь	0–10	4.2	10.6	29.4	6.3	13.2	36.3	55.8	19.5
	10–20	4.0	10.7	30.8	4.2	10.7	39.6	54.5	14.9
	60–80	2.2	7.4	34.7	5.3	16.2	34.2	55.7	21.5
	100–120	2.0	12.6	31.6	9.3	16.6	27.9	53.8	25.9
13, псевдотсуга Мензиса	130–140	8.3	10.2	32.9	7.7	15.6	25.3	48.6	23.3
	3–10	3.9	12.1	22.1	6.9	11.9	43.1	61.9	18.8
	10–20	2.2	13.1	25.6	3.4	14.1	41.6	59.1	17.5
	60–70	1.1	11.7	27.2	7.2	14.0	38.8	60.0	21.2
8, маклюра оранжевая	80–90	1.0	6.7	28.7	8.8	19.0	35.8	63.6	27.8
	100–120	1.4	9.3	30.9	7.4	18.8	32.2	58.4	26.2
	10–20	4.0	9.3	23.9	7.7	11.2	43.9	62.8	18,9
	40–60	3.8	12.0	22.5	7.7	13.8	40.2	61.7	21,5
9, бундук канадский	80–100	3.7	9.3	20.9	3.8	25.2	37.1	66.1	29.0
	100–120	2.2	12.9	20.6	3.9	25.7	34.7	64.3	29.6
	10–20	1.3	13.7	25.0	3.0	24.4	32.6	60.0	27.4
	30–50	1.8	10.5	27.5	2.7	18.0	39.5	60.2	20.7
5, сад, черешня	80–100	0.8	11.1	28.5	2.6	23.6	33.4	59.6	26.2
	120–140	1.0	9.5	26.8	6.8	26.1	29.8	62.7	32.9
	0–20	1.1	10.5	28.0	13.8	18.0	28.6	60.5	31.8
	20–40	1.3	7.8	27.2	15.0	20.5	28.2	63.8	35.5
12, орех черный	40–60	0.8	7.8	27.6	12.1	22.4	29.2	63.7	34.5
	60–80	0.2	6.1	25.0	17.4	23.2	28.2	68.7	40.6
	80–100	0.2	11.0	36.4	15.2	16.5	20.7	52.4	31.7
	100–120	0.3	5.2	43.0	15.7	17.6	18.2	51.5	33.3
10, сосна крым- ская	10–20	2.9	8.1	30.2	10.1	10.8	37.9	58.8	20.9
	30–50	2.6	6.7	31.0	10.1	12.7	36.9	59.7	22.8
	80–100	1.5	7.6	25.5	11.0	18.0	36.4	65.4	29.0
	120–140	2.8	6.3	25.0	10.7	18.8	36.4	65.9	29.5
15, можжевель- ник виргин- ский	0–6	8.0	11.5	21.8	11.9	23.6	23.2	58.7	25.5
	40–60	8.3	11.4	23.6	16.4	17.6	22.7	56.7	24.0
	60–70	7.0	11.4	21.3	18.5	20.4	21.4	60.3	28.9
	100–120	8.5	6.6	23.2	12.8	25.0	23.9	61.7	27.8
15, можжевель- ник виргин- ский	3–15	4.2	14.6	26.7	10.0	16.3	30.2	56.5	26.3
	65–75	4.0	11.9	21.7	10.7	23.4	28.3	62.4	34.1
	75–85	2.2	14.9	22.8	7.4	26.2	26.5	60.1	33.6

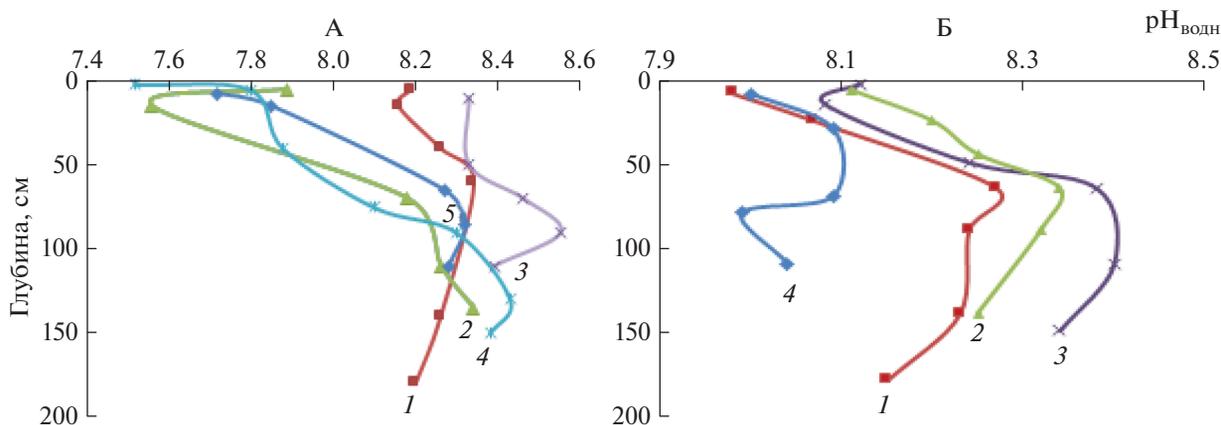


Рис. 3. Величина рН водной суспензии в почвах ценозов.

В среднемощных почвах на склоне отмечается большее положительное влияние на гранулометрический состав ореха и можжевельника, чем сосны: уменьшается содержание пыли средней на 2–6 и 1–8% соответственно по сравнению с почвой под садом черешни. Под сосной количество пыли средней сокращалось только в слое 0–6 см на 3.1%, глубже по профилю – увеличивалось по сравнению с пашней. Почвы под орехом и можжевельником характеризовались большим содержанием ила, чем под садом и сосной, что свидетельствует о потере илистых частиц из почвы при интенсивной обработке и малым влиянием сосны как породы на восстановление этого свойства почвы.

**Физико-химические и химические свойства почв.** Величина рН водной суспензии в пахотном слое почв садового агроценоза была на уровне 8.0–8.2 (рис. 3). На залежи она уменьшалась, особенно в слое 10–20 см (рис. 3, А). Бундук и псевдотсуга также значительно сокращали ее в верхнем метровом слое до рН<sub>водн</sub> 7.5–8.1. С глубиной рН<sub>водн</sub> под всеми угодьями возрастал и становился максимальным в слое 80–120 см, что связано с высоким содержанием карбонатов ( $r = 0.67–0.92$  в зависимости от культуры). В почвообразующей породе рН<sub>водн</sub> несколько снижался по сравнению с иллювиальным карбонатным горизонтом, в большей мере в орошаемых пахотных почвах, что связано с уменьшением содержания карбонатов.

На черноземе среднемощном можжевельник подкислял почву в слое 60–120 см до рН<sub>водн</sub> 8.0–8.1, орех и сосна способствовали некоторому подщелачиванию водной суспензии, особенно в слое 60–110 см до рН 8.3–8.4 по сравнению с пашней (рис. 3, Б). Максимальная щелочность водной суспензии обнаружена под насаждением маклюры (рис. 3, А).

Основными показателями плодородия почв являются содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ), валового азота ( $N_{вал}$ ) и их запасы, соотношение  $C/N$ , концентрация подвижных форм элементов питания. Исследования показали, что минимальное и низкое содержание  $C_{орг}$  было в почве под садом из-за содержания междурядий под черным паром, плантажной вспашки и частого рыхления (табл. 4). Под залежью и древесными насаждениями содержание  $C_{орг}$  было больше, чем под пашней при максимальном его накоплении в слое 0–30 см. Нередко содержание  $C_{орг}$  в поверхностном слое почвы было меньше, чем слое 10–30 см, что связано с перемешиванием почвы в результате глубокой отвальной вспашки. В целом все варианты агролесомелиорации и залежный режим почвы увеличивали содержание  $C_{орг}$ , в большей мере бундук, псевдотсуга и можжевельник.

Запасы  $C_{орг}$  под садом в слое 0–100 см были невысокими и составили 8.62 кг/м<sup>2</sup>, под залежью и всеми древесными насаждениями они были больше на 41–108% (рис. 4, А). Запасы  $C_{орг}$  в слое 0–80 см под большинством древесных пород превышали аналогичный запас в почве под залежью, наиболее значительно под насаждениями бундука, ореха, псевдотсуги и можжевельника.

Содержание  $N_{вал}$  в почве под садом было высоким, глубже по профилю значительно уменьшалось, что свидетельствует об обеднении почвы азотом. Под залежью содержание  $N_{вал}$  в слое 0–10 см было таким же, как и под садом, но несколько больше в нижележащих слоях. Под всеми древесными насаждениями содержание  $N_{вал}$  увеличивалось во всем гумусовом горизонте, особенно в слое 0–20 см (на 8–48%), в большей мере под маклюрой, псевдотсугой и орехом по сравнению с почвой под садом.

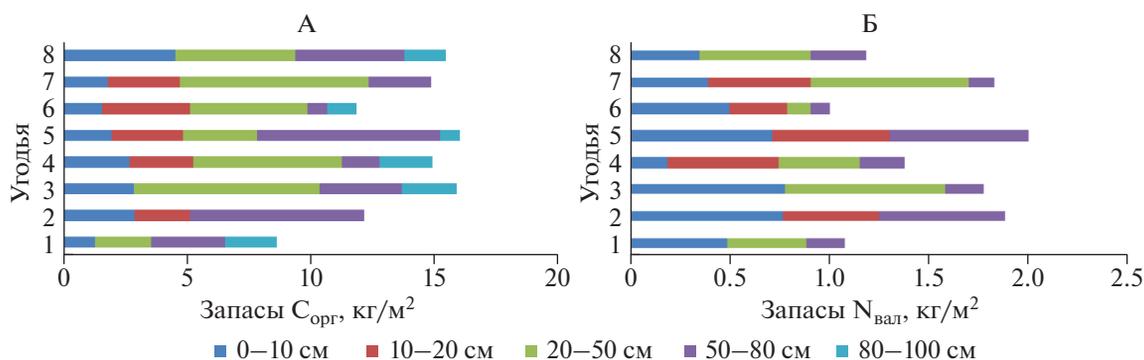
Запас  $N_{вал}$ , характеризующий потенциальную обеспеченность почвы азотом, был низким в слое

**Таблица 4.** Химические свойства черноземов сегрегационных под различными угодьями

№ разреза, угодье	Слой, см	C <sub>орг</sub>	N <sub>вал</sub>	C : N	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		%			мг/кг (подвижные формы)		
6, сад, персик	0–11	1.18	0.23	5.1	4.4	4.3	789
	20–30	1.41	0.12	11.8	3.6	2.4	386
	50–60	0.68	0.05	13.6	3.0	1.9	203
	80–90	0.32	—*	—	4.4	1.6	213
14, залежь	0–10	2.69	0.23	11.7	2.8	1.3	445
	10–20	1.82	0.15	12.1	2.8	0.4	429
	60–80	0.81	0.07	11.6	2.8	0.2	347
8, M <sub>о</sub>	0–20	1.39	0.33	4.2	4.8	4.2	430
	40–60	1.80	0.13	13.8	4.8	2.9	340
	65–75	1.36	0.08	17.0	2.8	5.8	251
	80–100	0.88	—	—	2.8	2.3	183
9, Б <sub>к</sub>	0–4	4.10	—	—	9.6	6.6	511
	10–20	2.11	0.30	7.0	4.0	1.4	517
	30–50	1.55	0.13	11.9	2.8	1.2	319
	70–80	1.21	0.06	20.2	2.8	1.1	340
	80–100	0.78	—	—	2.8	1.1	276
13, П <sub>м</sub>	3–10	2.33	0.31	7.5	2.8	1.9	395
	10–20	1.97	0.17	11.6	2.8	0.8	464
	60–70	1.13	0.09	12.6	4.1	0.4	373
	80–90	0.52	—	—	15.1	0.3	349
10, C <sub>к</sub>	0–13	1.95	0.31	6.3	4.0	1.6	486
	20–30	1.46	0.12	12.2	2.8	1.0	402
	40–60	1.05	0.04	26.2	2.8	1.1	281
12, O <sub>ч</sub>	60–70	0.56	—	—	2.8	1.0	267
	80–100	0.38	—	—	2.8	—	—
	0–6	1.86	—	—	5.3	2.6	622
	10–20	2.24	0.34	6.6	4.1	1.7	576
	40–60	1.54	0.16	9.6	2.8	1.1	404
15, M <sub>в</sub>	60–70	0.93	0.04	23.2	2.8	1.0	445
	3–15	2.78	0.24	11.6	12.4	6.6	245
	20–40	1.95	0.15	13.0	3.6	0.7	476
	65–75	0.86	0.05	17.2	2.8	0.6	360
	75–85	0.53	—	—	2.8	0.5	308

0–80 см под пашней (1.08 кг/м<sup>2</sup>), что подтверждает значительное ухудшение плодородия почвы при интенсивном использовании в садоводстве (рис. 4, Б). Под длительной залежью запас N<sub>вал</sub> был почти вдвое больше, чем под пашней (1.89 кг/м<sup>2</sup>). Под насаждениями маклюры, ореха и псевдотсуги

запасы N<sub>вал</sub> в слое 0–80 см были значительными и составляли 1.78, 1.82 и 2.0 кг/м<sup>2</sup> соответственно, что связано с накоплением гумуса под этими растениями. Довольно низкие запасы N<sub>вал</sub> обнаружены под насаждениями сосны и можжевельника (1.03–1.19 кг/м<sup>2</sup>), что может быть связано с мень-



**Рис. 4.** Запасы  $C_{орг}$  (А) и  $N_{вал}$  (Б) в почвах под различными угодьями. 1 – сад персик (контроль), 2 – залежь, 3 – маклюра оранжевая, 4 – бундук канадский, 5 – псевдотсуга Мензиса; 6 – сосна крымская, 7 – орех черный, 8 – можжевельник виргинский.

шим содержанием азота в хвое этих растений по сравнению с листовым опадом [10].

Соотношение  $C : N$  в почве под садом составляло менее 8, что характеризует высокую степень обогащения гумуса азотом (табл. 4). Из древесных насаждений только под маклюрой это соотношение было меньше, чем под садом в слое 0–20 см. Под остальными насаждениями возрастало. Это связано с тем, что корни деревьев перехватывают элементы питания более активно, начиная с глубины 20 см [9], а также с относительным обеднением азотом гумусовых веществ, образованных под древесными растениями, по сравнению с травянистыми. В почве под залежью  $C : N$  было достаточно высоким и стабильным по всей гумусовой толще.

Содержание нитратного азота и подвижных форм фосфора в почве под всеми угодьями было низким, особенно под залежью и сосной (табл. 4). Содержание  $N-NO_3$  в большинстве случаев было максимальным в слое 0–10 см, повышенным под насаждениями бундука и можжевельника, иногда увеличивалось в слое 60–90 см до 4.1–15.1 мг/кг из-за высокой подвижности нитратов. Содержание подвижного фосфора постепенно уменьшалось с глубиной и было максимальным также под бундуком и можжевельником в слое 0–10 см (табл. 4, табл. S1).

Концентрация подвижного калия ( $K_2O$ ) в почве была высокой под всеми угодьями и максимальной в верхних слоях гумусового горизонта (табл. 4, табл. S1). Его содержание было самым высоким в почве под садом, что связано с внесением больших доз калийных удобрений в прошлые годы, и достаточно высоким под насаждениями бундука и ореха. Под остальными древесными породами и залежью содержание обменного калия было меньше, но оставалось достаточно высоким и близким по значениям.

**Солевое состояние почв.** В изученных почвах солевой горизонт не был вскрыт разрезами до глубины 200 см, однако под разными угодьями и древесными насаждениями сумма и состав солей различались. Глубокосолончаковатыми можно считать только почвы под маклюрой: засоление слабое содово-сульфатное кальциево-натриевое (табл. 5). Следует отметить, что маклюра неплохо переносит такое засоление. У 47-летних деревьев отмечается лишь небольшая суховершинность, что может быть вызвано и почвенной засухой. Сумма солей в почве под садом персика была наименьшей вследствие длительного орошения пресной водой. Содержание солей в почвах увеличивалось с глубиной. Под насаждением бундука сумма солей в слое 0–50 см была значительно меньше, чем под залежью на 10–30% в зависимости от слоя, что, видимо, связано с увеличением водопроницаемости почвы в результате разрыхления корнями и перемещения солей в нижележащие слои. Под остальными породами соли в профиле накапливались, особенно интенсивно под маклюрой, сосной и можжевельником глубже 60 см. Возможно, это связано со значительным иссушением почвы корнями деревьев и подтягиванием более концентрированных растворов из нижних слоев почвы [8], а также меньшей влажностью почвы на удалении 50–100 см от ствола дерева [9, 10], где и были заложены разрезы.

Щелочность от нормальных карбонатов обнаружена в небольших количествах только в почве под залежью и в нижних слоях профиля под можжевельником и бундуком. Это может быть вызвано значительным опреснением профиля и уменьшением содержания ионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $SO_4^{2-}$  в почве под залежью. Общая щелочность в большинстве разрезов была низкой и увеличивалась до 0.76–1.05 смоль(экв)/кг только под насаждениями маклюры и псевдотсуги.

Таблица 5. Катионно-анионный состав водной вытяжки из почв под разными угодьями

№ разреза, угодье	Глубина, см	Сумма солей, %	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
			смоль(экв)/кг						
6, сад, персик	0–11	0.046	0	0.40	0.06	0.14	0.50	0	0.10
	20–30	0.048	0	0.40	0.06	0.18	0.46	0.04	0.14
	50–60	0.054	0	0.48	0.02	0.21	0.50	0.08	0.13
	80–100	0.052	0	0.36	0.02	0.31	0.42	0.04	0.23
	130–150	0.063	0	0.36	0.15	0.37	0.46	0.12	0.30
	170–190	0.070	0	0.40	0.02	0.53	0.62	0.08	0.25
14, залежь	0–10	0.064	0.02	0.68	0.04	0.09	0.60	0.08	0.15
	10–20	0.052	0.02	0.50	0.08	0.10	0.44	0.04	0.22
	60–80	0.046	0.02	0.52	0.04	0.02	0.44	0.04	0.12
	100–120	0.059	0.02	0.52	0.04	0.20	0.32	0.08	0.38
	130–140	0.071	0.02	0.44	0.04	0.46	0.32	0.08	0.56
8, M <sub>o</sub>	10–20	0.043	0	0.52	0	0.01	0.40	0	0.13
	40–60	0.092	0	0.56	0	0.68	0.36	0.20	0.68
	65–75	0.155	0	0.76	0	1.30	0.44	0	1.62
	80–100	0.203	0.02	0.76	0	2.00	0.48	0.20	2.10
	100–170	0.229	0.02	0.48	0.04	2.67	0.44	0.24	2.53
9, B <sub>к</sub>	0–4	0.052	0	0.44	0.04	0.22	0.56	0.08	0.06
	10–20	0.044	0	0.40	0	0.18	0.36	0.08	0.14
	30–50	0.035	0	0.24	0	0.24	0.20	0.12	0.16
	70–80	0.072	0	0.48	0	0.48	0.36	0.08	0.52
	80–100	0.078	0	0.56	0	0.46	0.36	0.08	0.58
	120–140	0.098	0.02	0.60	0	0.71	0.40	0.16	0.77
	140–160	0.089	0.02	0.52	0	0.67	0.28	0.16	0.77
13, П <sub>м</sub>	3–10	0.087	0	1.05	0.02	0	0.84	0	0.23
	10–20	0.072	0	0.76	0.04	0.11	0.52	0	0.39
	60–70	0.104	0	0.52	0.04	0.87	0.56	0.20	0.69
	80–90	0.086	0	0.44	0.06	0.68	0.48	0.16	0.54
	100–120	0.110	0	0.44	0.12	0.98	0.52	0.20	0.82
10, C <sub>к</sub>	0–13	0.082	0	0.56	0	0.53	0.48	0.08	0.53
	20–30	0.097	0	0.56	0	0.73	0.52	0	0.77
	40–50	0.150	0	0.52	0.08	1.46	0.44	0.04	1.58
	80–100	0.130	0	0.48	0.06	1.24	0.48	0.04	1.26
	130–150	0.115	0	0.44	0.04	1.11	0.60	0.12	0.87
12, O <sub>ч</sub>	0–6	0.080	0	0.60	0.02	0.44	0.76	0.04	0.26
	10–20	0.061	0	0.56	0.06	0.18	0.64	0.08	0.08
	40–60	0.063	0	0.64	0.02	0.15	0.60	0.04	0.17
	60–70	0.063	0	0.56	0	0.25	0.56	0.04	0.21
	100–120	0.083	0	0.56	0	0.55	0.56	0.10	0.45
	145–155	0.091	0	0.44	0	0.80	0.56	0.12	0.56
15, M <sub>в</sub>	3–15	0.085	0	0.64	0.04	0.45	0.84	0.08	0.23
	20–40	0.082	0	0.52	0.04	0.53	0.56	0.04	0.49
	65–75	0.181	0	0.40	0.20	1.95	0.68	0.04	1.83
	75–85	0.170	0	0.32	0.44	1.74	0.82	0.34	1.34
	100–120	0.162	0	0.32	0.58	1.50	1.22	0.14	1.04

Содержание водорастворимых  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в водной вытяжке было низким под большинством угодий и увеличивалось только под орехом, псевдотсугой и можжевельником в результате увеличения содержания гидрокарбонатов кальция, гипса и сульфатов магния. Концентрация водорастворимого  $\text{Na}^+$  в почвах была минимальной под садом персика, незначительно увеличивалась под залежью и орехом, под другими культурами увеличивалась по сравнению с залежью, особенно значительно под мажорой, сосной и можжевельником. Хлорид-иона в почвах было очень мало ( $0-0.12$  смоль(экв)/кг), и только в почве под можжевельником его содержание незначительно увеличивалось до  $0.20-0.58$  смоль(экв)/кг. Из анионов преобладали сульфаты. Максимальная их концентрация выявлена под насаждениями мажоры и хвойными породами с глубины  $60-140$  см, под сосной – с  $20$  см, что ранее отмечалось другими авторами [21].

В зависимости от концентрации солей в почвах их химический состав менялся. В почвах, где сумма солей была меньше  $0.1\%$ , химизм засоления чаще был сульфатно-содовым или сульфатным натриево-кальциевым. При увеличении суммы солей до  $0.12-0.23\%$  он, как правило, изменялся на содово-сульфатный или хлоридно-сульфатный кальциевонатриевый.

## ВЫВОДЫ

1. Длительное (около 50 лет) произрастание лесных культур интродуцентов на почвах степного Крыма – агрочерноземах сегрегационных мощных и среднемощных повлияло на их свойства. Степень и характер влияния зависели от положения в рельефе и вида древесного растения. Так, на мощных постагрогенных почвах в нижней части широкого ложинообразного понижения под насаждениями псевдотсуги Мензиса и бундука канадского произошло увеличение мощности гумусового горизонта, значительное накопление  $\text{C}_{\text{орг}}$  в  $1.7-3.5$  раза,  $\text{N}_{\text{вал}}$  в слое  $0-10(20)$  см в  $1.3-1.4$  раза, некоторое накопление подвижного азота, увеличился запас  $\text{C}_{\text{орг}}$  в слое  $0-100$  см в  $1.8-2.1$  раза, уменьшились показатели плотности сложения и  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ , возросло количество агрономически ценных агрегатов, уменьшилась глыбистость, увеличился коэффициент структурности, значительно уменьшилось содержание карбонатов и понижалась граница вскипания (бундук канадский) по сравнению с почвой под садом, которая на протяжении этого же времени содержалась под черным паром и не менее двух раз подвергалась глубокой плантажной вспашке.

2. По своим свойствам почва под защитными лесными насаждениями приближалась к многолетней залежи, а порой превосходила ее по некото-

рым показателям плодородия (запасы  $\text{C}_{\text{орг}}$ ,  $\text{K}_{\text{стр}}$ , сумма солей). Однако под насаждением мажоры оранжевой накапливались легкорастворимые соли в слое  $80-120$  см – в основном сульфаты магния и натрия в количествах  $2.0-2.7$  смоль(экв)/кг. Под бундуком канадским и псевдотсугой Мензиса соли, наоборот, выщелачивались. В агрочерноземах сегрегационных постагрогенных среднемощных, расположенных на склоне ложине, степень изменения вышеперечисленных свойств была меньше, но в большей мере проявлялась под можжевельником виргинским и орехом черным. Под сосной крымской положительным было только уменьшение плотности почвы в слое  $0-40$  см, остальные свойства либо не изменялись, либо ухудшались: отмечено некоторое подщелачивание, сокращение запаса  $\text{C}_{\text{орг}}$  и  $\text{N}_{\text{вал}}$ , накопление легкорастворимых солей по сравнению с почвой под садом и залежью.

3. При длительном произрастании ЗЛН в условиях степи лучшие лесорастительные свойства складывались в широком ложинообразном понижении на черноземах сегрегационных постагрогенных мощных, сформировавшихся на краснобурых глинах. Такие экотопы, а также подобные им на лёссовидных глинах и суглинках являются наиболее благоприятными для лесоразведения в равнинном Крыму. В большей степени положительно на свойства почвы повлияли интродуценты: бундук канадский, псевдотсуга Мензиса, орех черный и можжевельник виргинский, которые можно успешно применять в степных районах не только для улучшения экологического баланса территории, но и для повышения плодородия почвы. На слабозасоленных и солонцеватых почвах как солеустойчивую культуру целесообразно использовать мажоры оранжевую.

## БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы благодарят доктора биологических наук, заведующую лабораторией природных экосистем Никитского ботанического сада Н.А. Багрикову за методическую помощь в работе с декоративными и травянистыми растениями. Авторы также благодарны кандидату сельскохозяйственных наук, заведующему отделом плодовых культур Никитского ботанического сада А.И. Сотнику за практическую помощь в выполнении полевых работ.

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Таблица S1. Свойства почвы под различными угодьями, 2017 г. (дублирующие скважины).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агапонов Н.Н., Николаев Е.В.* Полезащитные лесополосы Крыма: их экологическое и сельскохозяйственное значение // Тр. ЮФ «КАТУ» НУБиП Украины. Симферополь, 2009. Вып. 125. С. 119–127.
2. *Антюфеев В.В., Важов В.И., Рябов В.А.* Справочник по климату Степного отделения Никитского ботанического сада. Ялта, 2002. 88 с.
3. *Багрова Л.А., Гаркуша Л.Я.* Искусственные лесонасаждения в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. Вып. 20. С. 146–153.
4. *Беляев А.Б.* Лесные экосистемы и их влияние на свойства и плодородие почв лесостепи ЦЧР // Тр. ин-та геологии дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 53–56.
5. *Беляев А.Б.* Многолетняя динамика свойств черноземов выщелоченных под различными лесонасаждениями // Почвоведение. 2007. № 8. С. 917–926.
6. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
7. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 272 с.
8. *Гурин П.Д., Апарин Б.Ф., Сухачева Е.Ю.* Влияние лесопосадок и длительного сельскохозяйственного использования на свойства южных черноземов // Вестник СПбГУ. Сер. 3. 2012. Вып. 2. С. 109–119.
9. *Казмирова Р.Н.* Почвы и парковые фитоценозы Южного берега Крыма. К.: Аграрна наука, 2005. 183 с.
10. *Карпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. М.: Лесная промышленность, 1981. 264 с.
11. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
12. *Клименко Н.И., Плугатарь Ю.В., Мороз С.А.* Древовидные интродуценты в степном Крыму // Биоразнообразии и устойчивое развитие. Тез. докл. II Междунар. научно-практ. конф. Симферополь, 2012. С. 369–371.
13. *Королев В.А., Громовик А.И., Йонко О.А.* Изменение физических свойств почв каменной степи под влиянием полезащитных лесных полос // Почвоведение. 2012. № 3. С. 299–308.
14. *Кулик К.Н., Свинцов И.П.* Проблемы защитного лесоразведения в России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2009. № 2. С. 58–60.
15. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Наука о растительности: (история и современное состояние основных концепций). Уфа: Гилем, 1998. 413 с.
16. *Мишнев В.Г., Цыплаков Н.И.* О значении и состоянии полезащитного лесоразведения в Крыму // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. 2001. Вып. 11. С. 12–14.
17. Оптимизация систем защитных лесных насаждений степного Крыма (методические рекомендации). К.: ДИА, 2011. 40 с.
18. *Паштейцкий В.С., Женченко К.Г., Приходько А.В.* Влияние неблагоприятных природных явлений на деградацию почв и агропромышленный комплекс Крыма // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2015. Вып. 77. С. 94–106.
19. *Плугатарь Ю.В., Коба В.П.* Некоторые проблемы организации системы защитных лесных насаждений в степном Крыму // Бюл. Государственного Никитского ботанического сада. 2014. Вып. 110. С. 7–14.
20. *Половицкий И.Я., Гусев П.Г.* Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
21. *Поляков А.К.* Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / Под ред. А.З. Глухова. Донецк: Ноулидж, 2009. 268 с.
22. *Рябов В.А.* Характеристика морозоопасности территории Степного отделения Никитского ботанического сада // Сб. науч. тр. Государственного Никитского ботанического сада. 1988. Т. 105. С. 116–123.
23. *Русина Г.В., Клименко О.Е., Клименко Н.И.* Влияние травянистых ценозов различного происхождения на свойства почвы // Вісник аграрної науки. 1997. № 11. С. 9–12.
24. *Сорокина О.А.* Трансформация плодородия почв под лесными насаждениями на сопряженных элементах рельефа в степях Хакассии // Лесоведение. 2017. № 1. С. 60–72.
25. *Травлев А.П., Белова Н.А., Балалаев А.К.* Экология почвообразования лесных черноземов // Грунтознание. 2008. Т. 9. № 1–2. С. 19–29.
26. *Хазиев Ф.Х.* Антропогенная деградация плодородия черноземов Предуралья и проблемы его воспроизводства // Антропогенная эволюция черноземов. Воронеж, 2000. С. 247–275.
27. *Devine S., Markewitz D., Hendrix P., Coleman D.* Soil Aggregates and Associated Organic Matter under Conventional Tillage, No-Tillage, and Forest Succession after Three Decades // Plos. one. 2014. V. 9. Iss.1. P. e84988. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084988>
28. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 192 p.
29. *Lup A., Miron L.* Fighting against drought in Dobrogea by protective forest belts. In: Agrarian Economy and Rural Development – Realities and Perspectives for Romania. 5th Edition of the Inter. Sym. The Research Institute for Agricultural Economy and Rural Development (ICEADR). Bucharest, 2014. P. 69–73.
30. *Perumal M., Wasli M.E., Ying H.S., Lat J., Sani H.* Association between Soil Fertility and Growth Performance of Planted *Shorea macrophylla* (de Vriese) after Enrichment Planting at Rehabilitation Sites of Sempadi Forest Reserve, Sarawak, Malaysia // Int. J. Forestry Res. 2017. V. 1.16. <https://doi.org/10.1155/2017/6721354>
31. *Singh G., Singh B., Tomar U.K., Sharma S.* A manual dry land afforestation and management. Jodhpur: Arid Research Ins., India. 2017. 603 p.

## Change of Crimean Haplic Chernozems Properties under the Influence of Different Forestry

O. E. Klimenko<sup>1,\*</sup> and N. I. Klimenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Nikita Botanical Gardens – National Science Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, 298648 Russia*

*\*e-mail: olga.gnbs@mail.ru*

The influence of 50 years old forest stands on properties of post-agrogenic segregatory chernozems in the steppe Crimea has been investigated. The strength of influence depended on the environmental conditions and the type of arborous plant. So, on thick soils in the lower part of a wide hollow-shaped depression under the plantations of the *Pseudotsuga Menziesii* and *Gymnocladus dioicus*, a significant accumulation and reserves of  $C_{org}$ ,  $N_{total}$ , the content of mobile nitrogen increased, the bulk density decreased, the thickness of the humus layer increased and its structural state improved, the content of carbonates decreased significantly as compared with the soil under the orchard, which for the same time was kept under black fallow. Soils were named post-agrogenic Haplic Chernozems. In Haplic Chernozems of medium thickness on the slope to a gully, the manifestation of changes in the above properties was lower, whereas it was most clearly manifested under *Juniperus virginiana* and *Juglans nigra*. The adverse results of the long-lasting growth of introduced arborous plants were manifested in a weak accumulation of readily soluble salts in a layer deeper than 60 cm under *Maclura pomifera*, *Pinus pallasiana* and *Juniperus virginiana*, and in alkalization (*Pinus pallasiana*) versus soils under the orchard and fallow. It is proposed to use wide hollow-like depressions of the Crimean Plain for forestation. *Gymnocladus dioicus*, *Pseudotsuga Menziesii*, *Juglans nigra* and *Juniperus virginiana* increase soil fertility and are most adapted to the conditions of the steppe regions of the Central Crimea.

*Keywords:* chernozems, forest plantations, fertility, Crimean Plain, Haplic Chernozem, Calcic Chernozem