

# ПОЧВЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Научный журнал

---

2020

Том 3. Выпуск 1

Свидетельство о регистрации: ЭЛ № ФС 77 - 72325 — сетевое издание от 14 февраля 2018 г.

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук

**Адрес издателя и редакции:** 630090, Россия, Новосибирская область, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева 8/2, тел.: +7(383) 3639035, ИПА СО РАН, e-mail: [redactor@soils-journal.ru](mailto:redactor@soils-journal.ru), сайт: <https://www.soils-journal.ru>

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

##### Главный редактор

**Якименко Владимир Николаевич** - доктор биологических наук, зав.лабораторией агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

##### Заместители главного редактора

**Дергачева Мария Ивановна** - доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Соколов Денис Александрович** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории рекультивации почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

##### Члены редколлегии

**Андроханов Владимир Алексеевич** – доктор биологических наук, ВРИО директора ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Абакумов Евгений Васильевич** - профессор РАН, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет

**Бойко Василий Сергеевич** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заместитель директора по научной работе ФГБНУ Омский аграрный научный центр (Омск, Россия)

**Будажанов Лубсан-Зонды Владимирович** – член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор ФГБНУ Бурятский НИИ сельского хозяйства (Улан-Удэ, Россия)

**Гамзиков Геннадий Павлович** – академик РАН, доктор биологических наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО Новосибирский государственный аграрный университет (Новосибирск, Россия)

**Гольева Александра Амуриевна** – доктор географических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУН Институт географии РАН (Москва, Россия)

**Дюкарев Анатолий Григорьевич** – доктор географических наук, заведующий лабораторией мониторинга лесных экосистем ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (Томск, Россия)

**Кулижский Сергей Павлович** – доктор биологических наук, профессор, проректор по социальным вопросам ФГБОУ ВО Национальный Исследовательский Томский государственный университет (Томск, Россия)

**Колесников Сергей Ильич** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования ФГБОУ ВО Южный федеральный университет

**Пузанов Александр Васильевич** – доктор биологических наук, профессор, директор ФГБУН Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия)

**Рожков Вячеслав Александрович** – член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУН Почвенный институт им.В.В. Докучаева (Москва, Россия)

**Сиромля Татьяна Ивановна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Сысо Александр Иванович** – доктор биологических наук, заместитель директора по науке ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Убугунов Леонид Лазаревич** – доктор биологических наук, профессор, директор ФГБУН Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН (Улан-Удэ, Россия)

**Чевычелов Александр Павлович** – доктор биологических наук, заведующий лабораторией генезиса почв и радиоэкологии ФГБУН Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН (Якутск, Россия)

**Танасиенко Анатолий Алексеевич** – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

**Шарков Иван Николаевич** – доктор биологических наук, доцент, руководитель Сибирского НИИ земледелия и химизации СФНЦА РАН

**Шпедт Александр Артурович** - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ВРИО директора ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН (Красноярск, Россия)

**Якутин Михаил Владимирович** – доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия)

## Содержание

<b>Гопп Н.В.</b> От редколлегии	e121
------------------------------------	------

### **Классификации почв и применение математических методов**

<b>Бабаев М.П., Исмаилов А.И., Гусейнова С.М.</b> Место желтоземно-глеевых почв Азербайджана в международной системе WRB	e112
--	------

### **Плодородие почв и минеральное питание растений**

<b>Барсуков П.А., Смоленцев Н.Б., Русалимова О.А.</b> Оценка доступного растениям калия в суглинистых почвах при экстракции 0,1М раствором сульфата магния	e114
--	------

### **Физика и гидрология почв**

<b>Попов В.В.</b> Почвенный раствор и методы его изучения	e106
--	------

### **Обзоры и рецензии**

<b>Савенков О.А., Наумова Н.Б.</b> Заразительное рядом: о некоторых аспектах методологии и терминологии почвенных исследований и публикаций	e109
<b>Нечаева Т.В., Якутина О.П., Боголюбова Е.В.</b> Клевер паннонский ( <i>Trifolium pannonicum</i> Jacq.) – перспективная кормовая культура и фитомелиорант (литературный обзор)	e115



## ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Одним из приоритетов суверенного развития любой страны является продовольственная безопасность, актуальность которой невозможно переоценить особенно в периоды пандемий. По прогнозам Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН, (FAO, 2006), к 2050 г. население Земли достигнет 9 млрд, а среднее потребление продовольствия на душу населения - 3100 ккал в день. При этом, по мере роста благосостояния населения развивающихся стран, возрастет и потребность в продуктах животного происхождения и, как следствие, в кормовых ресурсах. В этой связи выполненный Т.В. Нечаевой с соавторами подробный обзор клевера паннонского как перспективной кормовой культуры, положительно воздействующей на качество и здоровье почвы, представляет интерес для широкого круга читателей.

Рост производства продукции растениеводства для удовлетворения потребностей всё увеличивающегося населения планеты предполагает также и значительный рост выноса питательных элементов. По оценкам Международного института питания растений (International Plant Nutrition Institute, 2010), по основным макроэлементам вынос в среднем увеличивается на 1% ежегодно. Это косвенно подтверждают и данные по применению минеральных удобрений, в том числе калийных: в России с 2015 г. рост этого показателя составляет 5–16% ежегодно (FAO, 2020). Поэтому актуальность своевременной, быстрой и экономной оценки доступных для растений форм питательных элементов в пахотных почвах обширных хозяйств страны сложно переоценить. Более быстрый и менее затратный метод оценки доступного растениям калия путем экстракции раствором сульфата магния предлагают П.А. Барсуков с соавторами. Применимость метода авторы доказали на большой выборке суглинистых почв хозяйств юга Западной Сибири в сравнении с традиционным подходом.

Как ни банально звучит, но почва – очень сложная система, и чем больше занимаешься ее изучением, тем полнее осознаешь, насколько велико взаимодействие объекта, то есть почвы, и метода его изучения. Почвенный раствор в этом смысле представляет особый вызов, и для многих специалистов, так или иначе связанных с почвой, полезен будет написанный В.В. Поповым обзор методов изучения почвенного раствора.

Таксономия почв, то есть учение о принципах и практике классификации и систематизации почв, занимает важное место в науке о почве и является инструментом быстрого обозначения конкретного почвенного объекта. И в этом смысле применение международной системы очень важно для ускорения понимания и взаимодействия между почвоведомы разных стран, привыкшими к своим национальным системам таксономии и классификации. Напомним, что наш журнал просит всех авторов для обозначения почв наряду с национальной таксономией использовать международную систему WRB (IUSS, 2015). Статья М.П. Бабаева с соавторами, посвящённая месту желтоземно-глеевых почв Азербайджана в международной системе WRB, даёт интересующимся таксономическим разнообразием почв читателю прекрасное представление об этих почвах, одновременно заставляя задуматься о многообразии почв на планете.

Российские ученые разных специальностей, как, впрочем, и зарубежные, должны производить научную продукцию, основной частью которой являются статьи, как можно чаще и как можно лучше. Не вдаваясь в философско-методологическую дискуссию о том, что такое «лучше» в отношении науки и как возможно на протяжении длительного времени одновременно с количеством повышать и качество (какое бы определение последнему ни дать), отметим лишь одно из практических следствий такой ситуации, а именно тиражирование некорректного и/или невнимательного использования некоторых терминов и методологических подходов в ходе гонки за публикациями. Некоторые наиболее «заразительные», на взгляд авторов, примеры такой методологии и терминологии почвенных исследований и публикаций приведены в статье О.А. Савенкова и Н.Б. Наумовой, основным посылом которой является призыв критически осмысливать «широко используемые», «общеупотребительные», «традиционные» термины и методы.

Педосфера, как и биосфера в целом, меняется быстро и необратимо, и эти изменения в основном связаны с деятельностью человека. Любая стратегия уменьшения последствий таких изменений с неизбежностью должна быть основана на более широком и глубоком понимании почв и почвенных процессов. Редколлегия журнала надеется, что публикации этого номера вносят свой, пусть и сравнительно очень малый, вклад в отечественную науку о почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. FAO. World Agriculture: Towards 2030/2050. Global Perspectives Studies Unit, Interim report. FAO, Rome: 2006.
2. [FAO. FAOSTAT](#) [Электронный ресурс, обновлен 09 сентября 2020] (дата обращения 26.11.2020)
3. International Plant Nutrition Institute. A preliminary nutrient use geographic information system for the US. IPNI. 2010. Publ.30-3270. IPNI, Norcross, GA, USA.
4. [IUSS Working Group. WRB. World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No.106. FAO, Rome, 2015. 181 p.](#)

к.б.н. Гопп Н.В.



## МЕСТО ЖЕЛТОЗЕМНО-ГЛЕЕВЫХ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНА В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ WRB

© 2020 М.П. Бабаев, А.И. Исмаилов, С.М. Гусейнова

Адрес: Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, AZ 1073, Баку, ул. Мамеда Рагима, 5.  
E-mail: [sultanhuseynova@rambler.ru](mailto:sultanhuseynova@rambler.ru)

**Цель работы** – получение новой информации о генезисе, современном состоянии, диагностических признаках и свойствах желтоземно-глеевых почв Ленкоранской области Азербайджана и определение названия этих почв в соответствии с Международной классификацией почв на основе Реферативной базы по почвенным ресурсам (WRB) 2015 года.

**Объект исследования:** желтоземно-глеевые почвы Ленкоранской области Азербайджана.

**Методы изучения.** Полевые исследования (рельеф, растительность, закладка почвенных разрезов, их описание, отбор почвенных образцов и установление предварительного классификационного названия почвы) и физико-химические анализы почвенных образцов (гумус, валовой азот, соотношение C:N, реакция почвенной среды, ёмкость катионного обмена, гранулометрический состав, состав полной водной вытяжки) выполнялись общепринятыми методами.

**Основные результаты.** Установлено, что наиболее характерными чертами орошаемых желтоземно-глеевых почв являются: ореховато-комковатая структура верхнего горизонта, оглинённость профиля, наличие железисто-марганцевых конкреций и ржавых пятен. Отмечено равномерное снижение по профилю почвы содержания гумуса (от 2,15-3,28 до 0,18-1,24%), азота (от 0,17-0,24 до 0,05-0,24%), соотношение C:N (от 6,64-7,18 до 1,89-5,91), вниз по профилю повышается ёмкость катионного обмена (от 33,37-37,13 до 34,31-40,89 смоль (экв)/кг). Реакция почвенной среды – слабокислая, и меняется в пределах 5,8-6,0. Под влиянием орошения наблюдается вынос илстой фракции с верхних горизонтов и накопление ее в средних слоях почвы (42-96 см – 42,40%, 48-87 см – 28,80%). По гранулометрическому составу эти почвы легко-, средне- и тяжелосуглинистые. Почвы не засолены.

**Заключение.** Впервые сделана попытка определения названия желтоземно-глеевых (орошаемые желтоземно-глеевые слитые, обычные желтоземно-глееватые, орошаемые желтоземно-глеевые, орошаемые желтоземно-глеевые остаточные карбонатные почвы) почв по международной классификации почв на основе Реферативной базы по почвенным ресурсам (WRB) 2015 года. Вышеперечисленные почвы отнесены к реферативной группе Lixisols с различными главными и дополнительными квалификаторами.

**Ключевые слова:** желтоземно-глеевая почва; Lixisols; международная почвенная классификация; диагностические горизонты; генезис почв; WRB

**Цитирование:** Бабаев М.П., Исмаилов А.И., Гусейнова С.М. Место желтоземно-глеевых почв Азербайджана в международной системе WRB // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 1. e112. doi: 10.31251/pos.v3i1.112

### ВВЕДЕНИЕ

В 1998 году Международный Союз наук о почве (International Union of Soil Sciences, IUSS) официально принял Мировую реферативную базу по почвенным ресурсам (World Reference Base for Soil Resources, WRB) в качестве системы для почвенной корреляции. Последняя версия WRB была утверждена на Международном конгрессе Союза наук о почве (IUSS) в Корее в июне 2014 г. и теперь является международной классификацией почв (Бабаев и др., 2017). Безусловно, создание WRB служит взаимопониманию почвоведов различных стран и научных школ и, в конечном итоге, развитию науки о почве (Безуглова, 2009).

Система WRB имеет два уровня с разными функциями. Верхний уровень реферативных почвенных групп предназначен для корреляции почв в национальных классификациях и используется на обзорных картах, где традиционные зонально-провинциальные тренды не прослеживаются. Нижний уровень, собственно классификация, содержит обширную и разнообразную информацию о конкретных почвах (Герасимова, 2019).

В связи с этим названия классифицированных почв Азербайджана нужно было заново определить по WRB, в частности это коснулось и желтоземно-глеевых почв.

Желтоземно-глеевые почвы были отнесены к реферативной группе *Lixisols*. *Lixisols* имеют верхний горизонт, обеднённый илом, и иллювиальный горизонт *argic*, обогащённый илом в результате наличия в почве почвообразовательных процессов (прежде всего, миграции ила). *Lixisols* содержат низкоактивные глины в горизонте *argic* и имеют высокую степень насыщенности основаниями на глубине 50-100 см. Многие *Lixisols* относятся к *Red yellow podzolic soils* (напр., в классификации Индонезии), *Chromosols* (Австралия), *Argissols* (Бразилия), *Sols ferralitiques faiblement desatures appauvris* (Франция) и *Alfisols* с низкоактивными глинами (США) (Мировая реферативная ..., 2017).

Известно, что желтоземы как самостоятельный почвенный тип впервые описаны В.В. Акимцевым (1927). П. Фагелер (1935) считал, что с точки зрения развития эти почвы находятся в предварительной стадии образования красноземов. Необходимость выделения желтоземов в качестве самостоятельного типа отмечалась К.Д. Глинкой (1927), С.А. Захаровым (1937), Д.Г. Виленским (1945), Л.И. Прасоловым (1947), а также С.В. Зонном (1950) (Ковалев, 1966).

При рассмотрении процессов выветривания горных пород М.Н. Сабашвили (1948) отметил наличие желтоземной коры выветривания в ряде районах Западной Грузии, особенно в Тквибульском и Ванском, а также в Абхазии. В соответствии с этим выделяются тут желтоземные почвы, близкие во многих отношениях к красноземам, с одной стороны, и к буроземам горно-лесной зоны – с другой. Основными признаками, отличающими желтоземные почвы от красноземов, являются более бледная палевая или чуть оранжевая окраска, в связи меньшим содержанием окиси железа, более тяжелый гранулометрический состав и меньшая мощность профиля, редко превышающая 80-100 см (Сабашвили, 1948).

Почвенным институтом им. В.В. Докучаева (1956) эти почвы выделены в качестве самостоятельной желтоземной группы почвообразования.

Желтоземы занимают обширные площади в Китае, на юге США, на юго-востоке Австралии, в Новой Зеландии, на западе Грузии, в Абхазии, приграничных районах Сочи и в Ленкоране (Азербайджан) (Салаев, 1991). Развиваются они в условиях влажного субтропического климата под лесами с большим участием вечнозеленых растений и располагаются обычно на древних морских террасах и примыкающих к ним предгорьях. Формируются на отложениях террас, главным образом глинистых, а в предгорных холмистых районах на продуктах выветривания плотных пород, в первую очередь сланцев, относящихся к группе кислых и средних горных пород, которые образуют желтоземную кору выветривания. Подзолисто-желтоземно-глеевые почвы распространены в том же ареале, что и подзолисто-желтоземные почвы, но занимают пониженные элементы рельефа с близким залеганием грунтовых вод или с длительным застаиванием поверхностных вод, связанных с плохим дренажом этих территорий. Поэтому условия формирования подзолисто-желтоземно-глеевых почв близки с условиями развития подзолисто-желтоземных почв и различия заключаются в признаках, обусловленных повышенным увлажнением глеевых почв (Почвы СССР, 1979).

Подзолисто-желтоземные почвы отличаются от подзолистых по условиям их почвообразования (субтропический климат, почвообразующие породы богатые железом) (Urushadze et al., 2015).

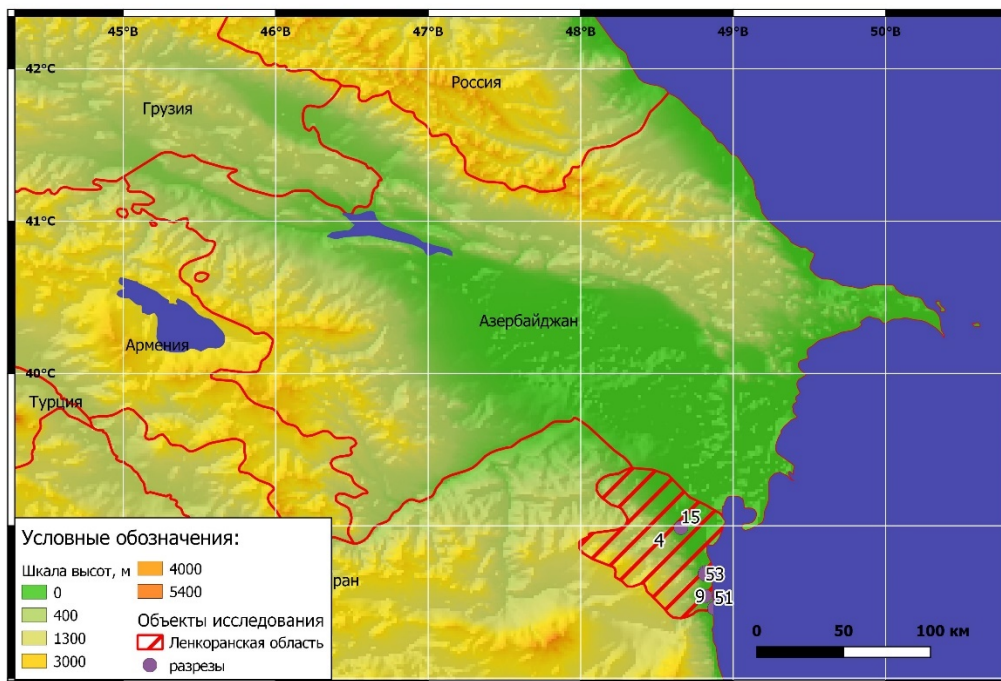
Желтоземные почвы Ленкоранской области развиваются в неоднородных условиях – в горах, на подгорной равнине и низменности, различающихся по характеру водного режима, миграции веществ и растительного покрова. Среди них представляется возможным обособить три типа почв: горно-лесные желтоземные, подзолисто-желтоземные, желтоземно-глеевые (Ковалев, 1966).

Цель работы – получение новой информации о генезисе, современном состоянии, диагностических признаках и свойствах желтоземно-глеевых почв Ленкоранской области Азербайджана и определение названия этих почв в соответствии с Международной классификацией почв на основе Реферативной базы (WRB) 2015 года (IUSS Working Group WRB, 2015).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являются желтоземно-глеевые почвы Ленкоранской области Азербайджана. Азербайджан имеет самый разнообразный почвенный покров. Желтоземно-глеевые почвы в Азербайджане являются крайне редкими почвами. Эти почвы находятся в зоне желтоземных и глеево-подзолистых почв, которые развиты только в пределах Ленкоранской области Азербайджана (рис.1). Зона по своей структуре является сложной: она охватывает окраинные низкие горы и холмистые предгорья, террасовую и приморскую низкую равнины. Желтоземные почвы формируются под лесами Гирканского типа из каштанолистного дуба. Большие площади заняты

чайными плантациями. Почвы зоны представлены разностями влажно-субтропического почвообразования: собственно желтоземами (неоподзоленными), желтоземами оподзоленными, своеобразными субтропическими остаточно-карбонатными почвами и др. Среди желтоземных почв много скелетных и маломощных. Глеево-подзолистые почвы формируются в тех же климатических условиях, что и желтоземные, но под низинными лесами, в условиях избыточного грунтового и поверхностного увлажнения. Глеево-подзолистые почвы развиты в пределах низменной части Ленкоранской области. Район их распространения выделяется в виде подзоны с границами, установленными по почвенно-геоморфологическому признаку (Волобуев, 1953).



**Рисунок 1.** Географическое положение района и объектов исследования

Значительная площадь желтоземно-глеевых почв в настоящее время используется под посевы сельскохозяйственных культур (цитрусовые, чай, овощные культуры и др.) (Бабаев, 2011).

Климат Ленкорани – влажный субтропический, характеризуется умеренно тёплой зимой, сухим и жарким летом, дождливой осенью.

Солнечная радиация составляет 125-134 ккал/см<sup>2</sup>. Среднегодовая температура воздуха – +14.1-14,3 °С. Январь – самый холодный месяц (+3,6 °С), самый тёплый месяц – июль (+25,3 °С). Годовая сумма осадков составляет 1400-1600 мм (<https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленкорань>). Максимум осадков выпадает осенью и весной, а минимум – летом, особенно в июле. Годовая относительная влажность – избыточная (150%). Ветры носят бризового характера.

Заложение почвенных разрезов, морфологическое описание почвенного профиля и установление предварительного классификационного названия почвы в поле проводили согласно Guidelines for Soil Description (2006). Образцы отбирали по генетическим горизонтам (Розанов, 1983), определяли физико-химические свойства (гумус, валовой азот, соотношение C:N, реакция почвенной среды, ёмкость катионного обмена, гранулометрический состав, состав полной водной вытяжки) (Аринушкина, 1970; Минеев, 1989). На основании морфологического описания почв и их физико-химических свойств названия желтоземно-глеевым почвам даны по Международной классификации почв на основе реферативной базы (WRB) 2015 года (IUSS Working Group WRB, 2015).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Желтоземно-глеевые почвы развиваются в южной половине Ленкоранской приморской низменности на поверхность(ях) и речных и овражных конусов выноса, сложенных пролювиальными-аллювиальными отложениями. Формирование этих почв происходит в условиях влажного субтропического климата, при активном участии избыточного грунтового и поверхностного увлажнения.



Будучи генетически связанными с желтоземной корой выветривания, пролювиально-аллювиальные отложения обогащены полуторными окислами железа и алюминия, в которых почти всегда отсутствуют легкорастворимые соли и углекислая известь.

В период дождливых времен уровень стояния грунтовых вод поднимается почти до 1 м, в период жаркого и сухого лета уровень стояния грунтовых вод понижается до 3,0-3,5 м (Ковалев, 1966).

Большое значение в формировании желтоземно-глеевых почв имело антропогенное воздействие. За счет антропогенного воздействия в верхних горизонтах желтоземно-глеевых почв ослабилась выраженность глеевого процесса и повысилось содержание питательных веществ.

Разрез №9 заложен в Астаринском районе, пос. Киджаба. Координаты: 38°32'13.49" с.ш., 48°48'53.37" в.д.. Рельеф – низкая равнина. Здесь были посажены железное дерево (*Parrotia Persica*), дуб каштанолистный (*Quercus Castaneifolia*), граб обыкновенный (*Carpinus Caucasica*), липа крупнолистная (*Tilia Platyphyllos*), фейхоа (*Acca Sellowiana*), мандарин (*Citrus reticulata*), апельсин (*Citrus Sinensis*), лимон (*Citrus limon*), луговые травы.

A1	0-23 см	Нюе 7.5 YR (8/4), плотный, легкоглинистый, мелко комковатый, корни, крупные и мелкие поры, влажный, не вскипает (N);
Ac2	23-42 см	Нюе 7.5 YR (8/3), плотный, легкоглинистый, мелко комковатый, мало корней, с редкими точками железисто-марганцевых конкреции (7.5 YR 2.5/1, 2.5 YR 4/6 и 5 YR5/6), сухой, не вскипает (N), переход постепенный (D);
Bcdgt 1	42-96 см	Нюе 7.5 YR (3/1), очень плотный, среднеглинистый, столбчатый, с редкими точками железисто-марганцевых конкреции, мелкие корни, крупный песок, редкие ржавые пятна, мелкие камни, влажный, не вскипает (N), переход ясный (C);
Bcdgt 2	96-118 см	Нюе 7.5 YR (3/1), очень плотный, легкоглинистый, бесструктурный, много мелки(х)е камн(ей)и, редкие ржавые пятна, влажный, не вскипает (N), переход постепенный (D);
Ccdg	118-143 см	Нюе 7.5 YR (3/1), очень плотный, тяжелосуглинистый, бесструктурный, много корней, железисто-марганцевых новообразований в виде пятен и конкреций, ржавые пятна, влажный, переход ясный (C).

Название почвы: Орошаемая желтоземно-глеевая слитая.

Орошаемые желтоземно-глеевые слитые почвы распространены на низменности, развиваются на поверхности речных и овражных конусов выноса, сложенных пролювиально-аллювиальными отложениями. Профиль ясно дифференцированный, особенно по распределению илистой фракции. Характерной чертой является также наличие железисто-марганцевых конкреций и ржавых пятен. Горизонт В очень плотный.

В орошаемых желтоземно-глеевых слитых почвах видно равномерное уменьшение содержание гумуса по профилю почв, начиная от горизонта А до С. В результате вспашки, плантажа и орошения гумус распределяется более равномерно (табл. 1). Содержание гумуса в нижних слоях высокое (2,04-2,09%), что является следствием наличия густой корневой системы растений и повышенной влажности. Содержание валового азота вниз по профилю почвы также уменьшается (от 0,18 до 0,16%), отношение С:N сравнительно узкое – 6,9-6,7. Емкость поглощения в верхних горизонтах колеблется в пределах 10-11 смоль (экв)/кг почвы, а в нижних горизонтах – в 3-4 раза выше. Реакция почвенной среды – слабокислая и меняется в пределах 5,8-6,0.

Эти почвы представлены тяжелосуглинистыми или глинистыми разновидностями, так как содержание физической глины в верхнем горизонте составляет 61,2% и постепенно увеличивается до 78,8-72,8% в средней части профиля до глубины 120 см, потом резко уменьшается (59,6%). Содержание илистой фракции высокое (28,8-42,4%) (табл. 2).

В орошаемых желтоземно-глеевых слитых почвах признаков засоления нет. Количество сухого остатка не превышает 0,10-0,14% (табл. 3).

По международной классификации почв мира орошаемые желтоземно-глеевые слитые почвы можно назвать так: *Abruptic Plinthic Nudiargic Gleyic Lixisols (Clayic, Densic)*.

Основные свойства желтоземно-глеевых почв

Глубина, см	Гумус, %	Азот, %	C:N	рН водн.	Гигроскопическая вода, %	СаСО <sub>3</sub> , %	Поглощенные основания, смоль(экв)/кг почвы	
							Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Астара, разрез 9								
0-23	2,38	0,18	6,94	6,0	5,10	нет	11,18	не опр.
23-42	2,20	0,17	6,79	5,9	4,08	нет	10,24	не опр.
42-96	2,20	0,17	6,79	5,8	6,84	нет	26,63	15,98
96-118	2,09	0,16	6,86	5,8	6,38	нет	26,96	32,26
118-143	2,04	0,16	6,69	5,8	6,19	нет	25,72	15,63
Масаллы, разрез 15								
0-23	3,28	0,24	7,18	5,7	4,46	нет	18,03	20,40
23-48	1,52	0,13	6,14	6,3	5,03	нет	16,72	20,21
48-87	1,24	0,11	5,91	6,7	5,28	нет	15,95	20,24
87-123	1,24	0,11	5,91	7,0	4,98	нет	18,30	16,48
Астара, разрез 51								
0-27	2,92	0,22	6,97	6,1	не опр.	нет	22,73	14,40
27-69	2,48	0,19	6,85	6,3	не опр.	нет	21,79	12,05
69-97	1,29	0,11	6,16	6,0	не опр.	нет	13,25	10,25
97-135	0,70	0,08	4,59	5,9	не опр.	нет	17,93	16,38
135-138	0,59	0,07	4,43	5,9	не опр.	нет	25,08	15,81
Астара, разрез 52								
0-34	2,15	0,17	6,64	6,0	5,85	нет	8,63	24,74
34-78	1,26	0,11	6,01	6,3	6,01	нет	10,41	12,15
78-112	0,57	0,08	3,74	6,3	6,85	1,35	17,56	18,63
112-138	0,46	0,06	4,03	6,2	5,20	0,88	14,27	26,62
138-165	0,18	0,05	1,89	6,2	5,96	1,32	11,92	22,39
Астара, разрез 53								
0-34	2,53	0,19	6,99	5,9	5,44	нет	8,16	21,45
34-76	1,40	0,12	6,13	6,0	5,97	нет	13,71	20,13
76-107	0,85	0,09	4,96	6,3	5,78	0,89	17,18	18,07
107-139	0,77	0,08	5,05	6,5	6,20	1,33	16,99	17,32
139-170	0,41	0,06	3,59	6,5	6,03	0,45	18,03	13,46

## Гранулометрический состав желтоземно-глиевых почв

Глубина, см	Содержание частиц, %; диаметр частиц, мм						
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,05	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Астара, разрез 9							
0-23	1,25	17,15	20,40	17,20	15,20	28,80	61,20
23-42	1,37	2,63	17,20	22,00	20,80	36,00	78,80
42-96	0,91	7,09	17,60	12,80	19,20	42,40	74,40
96-118	0,71	10,89	15,60	12,80	23,20	36,80	72,80
118-143	0,41	25,59	14,40	11,60	21,10	26,80	59,60
Масаллы, разрез 15							
0-23	9,60	31,20	22,00	5,60	11,60	20,00	37,20
23-48	27,00	10,20	20,80	14,00	14,00	14,00	42,00
48-87	3,34	14,66	16,00	14,40	22,80	28,80	66,00
87-123	0,36	23,58	18,86	15,20	22,00	20,00	57,20
Астара, разрез К 51							
0-27	1,86	32,94	27,20	6,40	6,80	24,8	38,00
27-69	15,30	58,70	16,40	6,00	3,60	осадок	9,60
69-97	17,05	осадок	осадок	осадок	осадок	осадок	осадок
97-135	1,10	осадок	осадок	осадок	осадок	осадок	осадок
135-138	1,64	осадок	осадок	осадок	осадок	осадок	осадок
Астара, разрез К 52							
0-34	1,50	32,70	26,40	7,60	14,60	17,20	39,40
34-78	2,30	23,70	28,00	7,60	10,80	27,60	46,00
78-112	2,56	29,04	22,00	10,4	8,40	27,60	46,40
112-138	4,40	25,60	21,20	10,0	10,40	28,40	48,80
138-165	12,10	42,70	15,20	12,0	12,00	6,00	30,00
Астара, разрез К 53							
0-34	12,00	18,00	20,00	16,0	10,00	24,00	50,00
34-76	0,60	25,40	18,40	17,6	9,20	28,80	55,60
76-107	2,12	20,68	14,80	19,2	14,40	28,80	62,40
107-139	4,91	39,69	16,80	10,0	8,00	20,60	38,60
139-170	10,87	41,53	17,60	8,0	7,20	14,80	30,00

Состав полной водной вытяжки желтоземно-глеевых почв, %

Глубина, см	Плотный остаток	Сухой остаток	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+K
Астара, разрез 9								
0-23	0,100	0,107	0,007	0,013	0,057	0,011	0,007	0,012
23-42	0,140	0,120	0,007	0,016	0,066	0,008	0,013	0,010
42-96	0,140	0,126	0,019	0,014	0,057	0,010	0,008	0,018
96-118	0,120	0,138	0,017	0,016	0,066	0,013	0,008	0,018
118-143	0,140	0,155	0,022	0,016	0,074	0,010	0,010	0,023
Масаллы, разрез 15								
0-23	0,060	0,064	0,024	0,017	0	0,017	0,003	0,003
23-48	0,080	0,095	0,039	0,021	0,008	0,019	0,002	0,006
48-87	0,100	0,095	0,029	0,017	0,025	0,011	0,009	0,004
87-123	0,060	0,058	0,024	0,018	0	0,008	0,006	0,002
Астара, разрез 51								
0-27	0,060	0,063	0,020	0,016	0,008	0,009	0,010	0
27-69	0,088	0,092	0,022	0,018	0,025	0,008	0,006	0,013
69-97	0,148	0,152	0,017	0,014	0,082	0,006	0,017	0,016
97-135	0,122	0,162	0,020	0,024	0,066	0,008	0,002	0,042
135-138	0,140	0,128	0,017	0,028	0,049	0,013	0,012	0,009
Астара, разрез 52								
0-34	0,040	0,063	0,014	0,013	0,008	0,013	0,009	0,006
34-78	0,030	0,063	0,010	0,014	0,016	0,011	0,008	0,004
78-112	0,040	0,062	0,012	0,016	0,016	0,009	0,008	0,001
112-138	0,100	0,064	0,012	0,017	0,016	0,013	0,002	0,004
138-165	0,260	0,299	0,010	0,018	0,250	0,013	0,004	0,004
Астара, разрез 53								
0-34	0,060	0,082	0,007	0,026	0,025	0,013	0,010	0,001
34-76	0,100	0,082	0,012	0,021	0,025	0,015	0,005	0,004
76-107	0,100	0,076	0,012	0,017	0,025	0,009	0,005	0,008
107-139	0,080	0,081	0,015	0,021	0,016	0,011	0,017	0,001
139-170	0,080	0,100	0,015	0,021	0,033	0,013	0,016	0,002

Разрез №15 заложен в Масаллинском районе, пос. Аркиван, на высоте 20 м над уровнем моря. Координаты: 38°59'12,15" с.ш., 48°39'23,0" в.д. Рельеф – низкая равнина. Сенокосный участок.

Ар	0-23 см	Нue 7.5 YR (2/3), среднесуглинистый, плотный, крупно комковатый, растительные остатки и корни, биологически обработан, червoroины, сухой, не вскипает (N);
ABc	23-48 см	Нue 7.5 YR (2/3), среднесуглинистый, плотный, крупно комковатый, мало корней, с редкими точками железисто-марганцевых конкреции (7.5 YR 2.5/1, 2.5 YR 4/6 и 5 YR 5/6), мало мелких камней, сухой, не вскипает (N), переход постепенный (D);
Bcgt 1	48-87 см	Нue 7.5 YR (8/3), тяжелоглинистый, плотный, крупно и мелко комковатый, с редкими точками железисто-марганцевых конкреции, много ржавых пятен, сухой, не вскипает (N), переход постепенный (D);
Bcgt 2	87-123 см	то же самое, что и в горизонте 48-87 см, но чуть светлее и много мелких камней.

Название почвы: Обычная желтоземно-глееватая почва.

Из морфологического описания разреза видно, что окраска верхних горизонтов постепенно осветляется, гранулометрический состав характеризуется среднесуглинистым составом, верхние горизонты биологически хорошо обработаны. Характерной чертой является также наличие железисто-марганцевых конкреций и ржавых пятен. Весь профиль плотный, слабо гумусирован, слабо оглинен, нижние горизонты (Bcgt 1 и Bcgt 2) отличаются по цвету.

В обычных желтоземно-глееватых почвах отмечается высокое содержание гумуса в верхнем горизонте (3,28%) с последующим равномерным снижением содержания гумуса по профилю почвы (от 1,52 до 1,24%).

Содержание валового азота также уменьшается вниз по профилю почвы (от 0,24 до 0,11%), соотношение C:N узкое – 4,91-7,18, что свидетельствует о разложении органического вещества.

Емкость поглощения в обычных желтоземно-глееватых почв колеблется в пределах 35-37 смоль(экв)/кг почвы. Реакция почвенной среды доходит до 5,7-7,0 (табл. 1).

По гранулометрическому составу эти почвы средне- и тяжелосуглинистые, так как содержание физической глины составляет в верхнем горизонте 37,2 %, а в нижнем 66 %. Содержание илистой фракции невысокое. В верхнем горизонте отмечается очень высокое содержание фракции 0,25-0,05 мм (31,2 %), а в нижнем – 1-0,25 мм (27 %) (табл. 2).

В обычных желтоземно-глееватых почвах признаков засоления нет. Количество сухого вещества не превышает 0,06-0,10 % (табл. 3).

По международной классификации почв мира обычные желтоземно-глееватые почвы можно назвать так: *Plinthic Gleyic Lixisols (Clayic, Densic)*.

Разрез №51 заложен в Астаринском районе, село Рудакенар. Координаты: 38°27'25,26'' с.ш., 48°51'52,90'' в.д.. Чайная плантация площадью 42 га, заложенная в 1980 году.

Ag1	0-27 см	Ние 7.5 YR (5/8), среднесуглинистый, ореховато-комковатый, плотноватый, корни густые, ржавые пятна, ходы червей, мелкие речные камни, изредка сизоватый цвет, признаки оглеения, пористый, влажный, не вскипает (N);
A2	27-69 см	Ние 7.,5 YR (8/3), легкосуглинистый, ореховато-зернистый, песчаный, мягкий, корни густые, ходы червей, пористый, влажный, не вскипает (N), переход ясный (C);
Bcgr1	69-98 см	Ние 7.5 YR (8/3), песчаный, бесструктурный, много корней, ржавые пятна, сизоватый наплыв, черные пятна, железисто-марганцевых новообразований в виде пятен и конкреции (7,5 YR 2.5/1, 2,5 YR 4/6 и 5 YR5/6), признаки оглеения, мелкие камни, влажный, не вскипает (N), переход ясный (C);
Bcgr2	98-135 см	Ние 7.5 YR (8/3), песчаный, бесструктурный, ржавые пятна, сизоватый наплыв, черные пятна, железисто-марганцевых новообразований в виде пятен и конкреции, признаки оглеения, мелкие камни, влажный, не вскипает (N), переход ясный (C);
BCcg	135-158 см	Ние 7.5 YR (8/3), песчаный, бесструктурный, мягкий, корни, много ржавых пятен и железисто-марганцевых конкреции, переход ясный (C);
Cg	158 см-ниже	Ние 5 B (6/1), бесструктурный, мягкий, много желтых ржавых пятен, много корней, гнилые корни, влажный, не вскипает (N), переход ясный (C).

Название почвы: Орошаемая желтоземно-глеевая.

Из морфологического описания разреза №51 видно, что темная окраска верхних горизонтов постепенно меняется на желтоватые оттенки. В горизонте С цвет профиля синеватый (сизоватый?). Верхний горизонт (Ag1) влажный, ореховато-комковатый, сизоватый наплыв, черные пятна, ржавые пятна, железисто-марганцевые новообразования в виде пятен и конкреции наблюдаются почти по всему профилю, от верхних горизонтов до нижних. Основной почвообразовательный процесс: гумусообразование. Профиль ясно дифференцированный, особенно по распределению гумуса. Ореховато-комковатая структура верхнего горизонта, оглиненность профиля, наличие железисто-марганцевых конкреций и ржавых пятен – наиболее характерные черты орошаемых желтоземно-глеевых почв.

В орошаемых желтоземно-глеевых почвах видно резкое уменьшение гумуса в горизонте Bcgr1, в нижних горизонтах содержание гумуса очень низкое (0,70-0,59 %), что характерно для желтоземно-глеевых почв. Содержание валового азота также уменьшается вниз по профилю почвы (от 0,22 до 0,07%), соотношение C:N узкое – 6,97-4,43, что свидетельствует о разложении органического вещества. Емкость поглощения в данных почвах в верхних горизонтах колеблется в пределах 23-37, а в нижних - 41 смоль(экв)/кг почвы. Реакция почвенной среды доходит до 5,9-6,3 (табл. 1).

Эти почвы средне- и легкосуглинистые, так как содержание физической глины составляет в верхнем горизонте – 38,0%, а илистой фракции – 24,8%. В верхнем горизонте отмечается очень высокое содержание фракции 0,2-0,05 мм (32,9 и 58,7%). Профили средних и нижних горизонтов песчаные (табл. 2). Для большинства желтоземно-глеевых почв характерно присутствие в профиле песчаных и гравийных прослоек, а также погребенных гумусовых горизонтов древних почв (Ковалев, 1966).

В орошаемых желтоземно-глеевых почвах признаков засоления нет. Количество сухого вещества не превышает 0,060-0,140% (табл. 3).

По международной классификации почв мира орошаемые желтоземно-глеевые почвы можно назвать так: *Fragic Plinthic Stagnic Gleyic Lixisols (Clayic)*.

Разрез №52 заложен на территории Ленкоранского филиала Научно-исследовательского института плодородия и чаеводства Министерства сельского хозяйства Азербайджана, созданного в 1965 году. Координаты: 38°43'38,37'' с.ш., 48°47'11,52'' в.д.

Apd	0-34 см	Нюе 7,5 YR (7/1), среднесуглинистый, комковатый, плотный, корни, прошлогодние растительные остатки, влажный, не вскипает (N);
ABdg	34-78 см	Нюе 7,5 YR (5/6), тяжелосуглинистый, комковатый, плотный, корни, пористый, много ржавых пятен, мелкие ракушки, влажный, не вскипает (N), переход постепенный (D);
Bdgt	78-112 см	Нюе 7,5 YR (7/8), тяжелосуглинистый, призматический, плотный, мало корней, много ракушек, черные пятна, влажный, переход ясный (C);
BCk	112-138 см	Нюе 7,5 YR (7/8), песчаный, бесструктурный, плотный, черные пятна, ржавые пятна, мелкие ракушки, изредка корни, влажный, переход ясный (C);
Ck	138-165 см	песок, отложения.

Название почвы: Орошаемая желтоземно-глеевая остаточно-карбонатная.

Верхняя часть профиля в результате плантажной обработки и влияния орошения утрачивает дифференциацию на генетические горизонты и на месте их образуется гомогенный пахотный слой. Верхние горизонты (Ap и AB) влажные, комковатые и плотные. Ржавые пятна и наличие ракушки наблюдаются почти по всему профилю – от верхнего горизонта до нижнего.

Желтоземно-глеевые почвы бескарбонатные, однако, этот разрез карбонатный. Здесь встречаются морские отложения ракушек с наличием карбонатов. Эти почвы развиваются на карбонатных прибрежноморских отложениях (Ковалев, 1966).

В орошаемых желтоземно-глеевых остаточных карбонатных почвах видно небольшое содержание гумуса в верхних горизонтах (1,26 и 0,57%) и очень низкое его содержание – в нижних горизонтах (0,46-0,18%), что характерно желтоземно-глеевым почвам. Содержание валового азота также вниз по профилю почвы понижается (от 0,17 до 0,05%), соотношение C:N узкое (6,64-1,89), что свидетельствует о разложении органического вещества. Емкость поглощения в данных почвах в верхних горизонтах колеблется в пределах 23-33, а в нижних – 34-41 смоль(экв)/кг почвы. Как видно pH водной суспензии в орошаемых желтоземно-глеевых остаточных карбонатных почвах в верхних бескарбонатных горизонтах слабокислая (6,0), но в более в глубоких горизонтах, содержащих карбонаты, pH увеличивается до 6,2-6,3 (табл. 1).

Эти почвы по гранулометрическому составу средне- и тяжелосуглинистые, так как содержание физической глины составляет в верхнем горизонте – 39,4%, а илистой фракции – 17,2%. Во всех горизонтах профиля отмечается очень высокое содержание фракции 0,25-0,05 мм (32,7 и 42,7 %). В профиле нижние горизонты песчаные (табл. 2).

В орошаемых желтоземно-глеевых остаточных карбонатных почвах признаков засоления нет. Количество сухого остатка не превышает 0,03-0,10%, но в горизонте C его количество резко увеличивается и доходит до 0,26% (табл. 3).

По международной классификации почв мира орошаемые желтоземно-глеевые остаточные карбонатные почвы можно назвать так: *Abrupt Calcic Gleyic Lixisols (Clayic, Densic, Ochric)*.

Разрез №53 заложен на территории Ленкоранского филиала Научно-исследовательского института плодородия и чаеводства Министерства сельского хозяйства Азербайджана. Раньше этот участок был чайной плантацией, но в настоящее время используется под овощными культурами. Координаты: 38°42'56,97'' с.ш., 48°47'46,41'' в.д.

Ap	0-34 см	Нюе 7.5 YR (8/3), тяжелосуглинистый, зернисто-комковатый, рыхлый, корни, изредка ржавые пятна, влажный, не вскипает (N);
ABdt	34-76 см	Нюе 7.5 YR (5/6), тяжелосуглинистый, глыбистый, очень плотный, мало мелких корней, ракушки, встречается песок, черные точки, влажный, не вскипает (N), переход ясный (C);
Bgkt 1	76-107 см	Нюе 7.5 YR (8/4), легкоглинистый, призматический, плотный, мелкие корни, черные точки, признаки оглеения, влажный, переход ясный (C);
Bgkt 2	107-139 см	то же, в горизонте 76-107;
BCk	139-178 см	Нюе 7.5 YR (8/4), легкоглинистый, зернисто-комковатый, рыхлый, ржавые пятна, ракушки, влажный, вскипание слышно, но не видно (SL), переход постепенный (D).

Название почвы: Орошаемая желтоземно-глеевая остаточно-карбонатная.

Из морфологического описания разреза № 53 видно, что длительное антропогенное воздействие имело большое значение в формировании этих почв. Верхний горизонт (Ap) влажный, зернисто-комковатый, рыхлый, а нижний горизонт (ABd) – глыбистый, очень плотный и встречается песок. Ржавые пятна, черные точки и наличие ракушки наблюдаются почти по всему профилю.

В орошаемых желтоземно-глеевых остаточных карбонатных почвах видно резкое уменьшение гумуса в горизонтах ABd (1,4%) и Bgk1 (0,85%). В нижних горизонтах содержание гумуса падает до 0,85-0,41%, что является характерной особенностью желтоземно-глеевых почв. Содержание валового азота также уменьшается вниз по профилю почвы (от 0,19 до 0,06%), соотношение C:N узкое – 6,99-3,59, что свидетельствует о разложении органического вещества. Емкость поглощения в орошаемых желтоземно-глеевых остаточных карбонатных почвах колеблется в пределах 30-35 смоль(экв)/кг почвы. Реакция почвенной среды доходит до 5,9-6,5 (табл. 1).

Эти почвы тяжело- и легкосуглинистые, так как содержание физической глины составляет в верхнем горизонте – 50%, а илистой фракции – 24%. В нижних горизонтах отмечается также очень высокое содержание фракций 0,25-0,05 мм (39,69 и 41,53 %) (табл. 2).

В орошаемых желтоземно-глеевых остаточных карбонатных почвах признаков засоления нет. Количество сухого остатка не превышает 0,06-0,10% (табл. 3).

По международной классификации почв мира орошаемые желтоземно-глеевые остаточные карбонатные почвы можно назвать так: *Abruptic Fragic Calcic Gleyic Lixisols (Clayic, Ochric)*.

#### ВЫВОДЫ

Изучено современное состояние желтоземно-глеевых почв и их окультуренных вариантов. Большие массивы желтоземно-глеевых почв используются под чайными плантациями. Впервые были применены диагностические критерии Мировой реферативной базы по почвенным ресурсам (WRB) к желтоземно-глеевым почвам Ленкоранской области Азербайджана и сделана попытка определения названия желтоземно-глеевых почв по международной классификации почв на основе реферативной базы (WRB) 2015 г. С учетом их морфологических особенностей и аналитических показателей были выделены диагностические горизонты. Во всех изученных почвенных разрезах идентифицирован горизонт *argic*. На этой основе в соответствии с системой WRB желтоземно-глеевые почвы можно классифицировать следующим образом:

1. Орошаемые желтоземно-глеевые слитые (*Abruptic Plinthic Nudiargic Gleyic Lixisols (Clayic, Densic)*).
2. Обычные желтоземно-глееватые (*Plinthic Gleyic Lixisols (Clayic, Densic)*).
3. Орошаемые желтоземно-глеевые (*Fragic Plinthic Stagnic Gleyic Lixisols (Clayic)*).
4. Орошаемые желтоземно-глеевые остаточные карбонатные (*Abruptic Calcic Gleyic Lixisols (Clayic, Densic, Ochric)*).
5. Орошаемые желтоземно-глеевые остаточные карбонатные (*Abruptic Fragic Calcic Gleyic Lixisols (Clayic, Ochric)*).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. М.: МГУ, 1970. 487 с.
2. Бабаев М.П., Гасанов В.Г., Джафарова Ч.М., Гусейнова С.М. *Морфогенетическая диагностика, номенклатура и классификация почв Азербайджана*. Баку: Элм, 2011. 452 с.
3. Бабаев М.П., Исмаилов А.И., Гусейнова С.М. *Интеграция азербайджанской национальной классификации почв в международную систему*. Баку: Элм, 2017. 272 с.
4. Безуглова О.С. *Классификация почв: учебное пособие*. Ростов н/Д: ЮФУ, 2009. 128 с.
5. Волобуев В.Р. *Почвы и климат*. Баку: АН Азербайджанской ССР, 1953. 323 с.
6. Герасимова М.И. Международная классификация почв и возможности ее применения в географических исследованиях // *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2019. № 3. С. 49-56.
7. Ковалев Р.В. *Почвы Ленкоранской области*. Баку: АН Азербайджанской Республики, 1966. 371 с.
8. Минеев В.Г. *Практикум по агрохимии*. М.: МГУ, 1989. 304 с.
9. *Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014*. Мировая система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. Исправленная и дополненная версия 2015 / Перевод И.А. Спиридоновой; Под ред. М. И. Герасимовой и П.В. Красильникова. М.: ФАО/МГУ им. М.В. Ломоносова, 2017. 203 с.
10. *Почвы СССР*. Отв. ред. Г. В. Добровольский. М.: Мысль, 1979. 380 с.
11. Розанов Б. Г. *Морфология почв*. М.: МГУ, 1983. 320 с.

12. Сабашвили М.Н. *Почвы Грузии*. Тбилиси: АН Груз ССР, 1948. 396 с.
13. Салаев М.Э. *Диагностика и классификация почв Азербайджана*. Баку: Элм, 1991. 238 с.
14. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Rome. FAO. 2006. 97 p.
15. *IUSS Working Group WRB*. World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No.106. FAO, Rome, 2014. 181 p.
16. Википедия: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленкорань>
17. *Urushadze T.F., Winfried E.H. Blum, J. Sh. Machavariani, Kvrivishvili T.O., Pirtskhalava R. D.* Soils of Georgia and problems of their use // *Annals of Agrarian Science*. 2015. Vol. 13. No. 4. P. 8-23.

Поступила в редакцию 10.09.2020

Принята 29.10.2020

Опубликована 11.11.2020

#### Сведения об авторах:

**Бабаев Магеррам Пирверди оглы** – академик НАН Азербайджана, доктор аграрных наук, профессор, заведующий лабораторией генезиса, географии и картографии почв, Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана (Азербайджан, Баку); [maharram-babayev@rambler.ru](mailto:maharram-babayev@rambler.ru)

**Исмаилов Амин Исмаил оглы** – член корреспондент НАН Азербайджана, доктор аграрных наук, профессор, заведующий лабораторией почв-ГИС, Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана (Азербайджан, Баку); [amin\\_ismayilov@mail.ru](mailto:amin_ismayilov@mail.ru)

**Гусейнова Султан Магеррам кызы** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент аграрной науки, ведущий научный сотрудник лабораторией генезиса, географии и картографии почв, Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана (Азербайджан, Баку); [sultanhuseynova@rambler.ru](mailto:sultanhuseynova@rambler.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## THE PLACE OF THE ZHELTOZEM-GLEY SOILS OF AZERBAIJAN IN THE INTERNATIONAL SYSTEM WRB

© 2020 M.P. Babayev, A.I. Ismayilov, S.M. Huseynova

*Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku. E-mail: [sultanhuseynova@rambler.ru](mailto:sultanhuseynova@rambler.ru)*

**The aim of the study.** *The aim of the research was obtaining new information about the genesis, current status, diagnostic features and properties of the Zheltozem-Gley Soils of the Lankaran region of Azerbaijan and to perform the taxonomic attribution of those soils in accordance with the International Classification of Soils in compliance with the Reference Base for soil resources (IUSS Working Group WRB, 2014).*

**Location and time of the study.** *Zheltozem-Gley Soils of the Lankaran region of Azerbaijan were the objects of the study.*

**Methodology.** *Field experiments (relief, vegetation, laying of soil profiles, their description, selection of soil samples and establishment of a preliminary classification name of the soils) and physico-chemical analyzes of soil samples (humus and total nitrogen content, ratio of C:N in soil organic matter, soil pH, cation exchange capacity, grain-size analysis, water extract composition) were carried out by standard methods.*

**Results.** *It was established that the most characteristic features of the irrigated zheltozem-gley soils were as following: blocky angular-subangular structure of the upper horizon, clayiness of the entire soil profile, the presence of iron-manganese concretions and ferruginous mottles. A gradual decrease in the content of humus (from 2.15-3.28 to 0.18-1.24%), nitrogen (from 0.17-0.24 to 0.05-0.24%), the ratio of C:N (from 6.64-7.18 to 1.89-5.91) was found. The cation exchange capacity increased down the profile (from 33.37-37.13 to 34.31-40.89 cmol (eq)/kg). The reaction of the soil environment was weakly acidic, and varied within 5.8-6.0. Under the influence of irrigation, the removal of the silt fraction from the upper horizons and its accumulation in the middle horizons of the soil were observed (42-96 cm – 42.4%, 48-87 cm – 28.8%). According to the granulometric composition, these soils were medium-light-heavy loamy. The soils were not saline.*



**Conclusion.** For the first time, an attempt was made to carry out the taxonomic attribution of Zheltozem-Gley soils (irrigated Zheltozem-Gley merged, ordinary Zheltozem-Gleyic, irrigated Zheltozem-Gley, irrigated residual calcareous Zheltozem-Gley) according to the international classification of soils based on the Reference Base for soil resources (WRB). With the different principal and supplementary qualifiers, all soils were classified as Lixisols.

**Key words:** Zheltozem-Gley Soils, Lixisols; International Soil Classification; diagnostic horizons; soil genesis; WRB

**How to cite:** Babayev M.P., Ismayilov A.I., Huseynova S.M. The place of the Zheltozem-Gley Soils of Azerbaijan in the International System WRB // *The Journal of Soils and Environment*. 2020. 3(1). e112. doi: [10.31251/pos.v3i1.112](https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.112) (in Russian with an English abstract).

## REFERENCES

1. Arinushkina E.V. *The manual for the chemical analysis of soils*. Moscow, Moscow State University, 1970, 487 p. (in Russian)
2. Babayev M.P., Hasanov V.H., Jafarova Ch.M., Huseynova S.M. *The morphogenetic diagnostics, nomenclature and classification of soils of Azerbaijan*. Baku, Elm Publ., 2011, 452 p. (in Russian)
3. Babayev M.P., Ismayilov A.I., Huseynova S.M. *The integration of the Azerbaijani national soil classification into the international system*. Baku, Elm Publ., 2017, 272 p. (in Russian)
4. Bezuglova O.S. *The soil classification: a tutorial*. Rostov n / a, SFU Publ., 2009, 128 p. (in Russian)
5. Volobuev V.R. *Soils and climate*. Baku: Academy of Sciences of the Azerbaijan SSR, 1953, 323 p. (in Russian)
6. Gerasimova M.I. The international soil classification and the possibility of its application in geographical researches, *Bulletin of Moscow University. Series 5, Geography*, 2019, No. 3, p. 49-56. (in Russian)
7. Kovalev R.V. *The soils of the Lankaran region*. Baku, Academy of Sciences of the Azerbaijan Republic, 1966, 371 p. (in Russian)
8. Mineev V.G. *Workshop on agrochemistry*. Moscow, Moscow State University, 1989. 304 p. (in Russian)
9. *Soils of the USSR*. Resp. ed. G. V. Dobrovolsky. Moscow: Mysl', 1979. 380 p. (in Russian)
10. Rozanov B.G. *Morphology of soils*. Moscow: Moscow State University, 1983. 320 p. (in Russian)
11. Sabashvili M.N. *Soils of Georgia*. Tbilisi: AN Gruz SSR, 1948, 396 p. (in Russian)
12. Salayev M.E. *The diagnostics and classification of the Azerbaijani soil*. Baku: Elm, 1991. 238 p. (in Russian)
13. *Guidelines for soil description*. 4th edition. Rome: FAO. 2006. 97 p.
14. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports. № 106. FAO, Rome, 2014. 181 p.
15. Wikipedia: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленкорань>
16. Urushadze T.F., Winfried E.H. Blum, J. Sh. Machavariani, Kvirivshvili T.O., Pirskhalava R. D. Soils of Georgia and problems of their use, *Annals of Agrarian Science*, 2015, Vol. 13, No. 4, p. 8-23.

Received 10 September 2020

Accepted 29 October 2020

Published 11 November 2020

### About the authors:

**Babayev Maharram P.** – Academician of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Genesis, Geography and Soil Cartography. Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (Azerbaijan, Baku); [maharram-babayev@rambler.ru](mailto:maharram-babayev@rambler.ru)

**Ismayilov Amin I.** – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Azerbaijan, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Soil-GIS Laboratory. Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (Azerbaijan, Baku); [amin\\_ismayilov@mail.ru](mailto:amin_ismayilov@mail.ru)

**Huseynova Sultan M.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Agricultural Science, Leading Researcher at the Laboratory of Genesis, Geography and Soil Cartography. Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Azerbaijan (Azerbaijan, Baku); [sultanhuseynova@rambler.ru](mailto:sultanhuseynova@rambler.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**ОЦЕНКА ДОСТУПНОГО РАСТЕНИЯМ КАЛИЯ В СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВАХ ПРИ ЭКСТРАКЦИИ 0,1М РАСТВОРОМ СУЛЬФАТА МАГНИЯ**© 2020 П.А. Барсуков , Н.Б. Смоленцев, О.А. Русалимова *Адрес:* ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия*E-mail:* [barsukov@issa-siberia.ru](mailto:barsukov@issa-siberia.ru), [n-smolentsev@issa-siberia.ru](mailto:n-smolentsev@issa-siberia.ru), [rusalimova@issa-siberia.ru](mailto:rusalimova@issa-siberia.ru)**Цель исследования:** Поиск метода определения доступного растениям калия для почвенной диагностики, не требующего использования дорогостоящих методов пламенной фотометрии или атомно-абсорбционной спектрометрии.**Место и время проведения.** Западная и Средняя Сибирь, 2016-2019 гг.**Методология.** Сравнение методами регрессионного анализа содержания пула калия, экстрагируемого 0,1М раствором  $MgSO_4$ , с обменным калием, экстрагируемым 1М раствором  $NH_4OAc$  (по ГОСТ 26210-91), в 100 почвенных образцах агрочерноземов и агротемносерых почв различного гранулометрического состава.**Основные результаты.** Обменный калий показал наилучшую корреляцию с выносом элемента растениями и урожаем в самых различных почвенно-климатических условиях. Установлено, что зависимость между индексами доступности калия при экстракции раствором ацетата аммония ( $KAI_{Ac}$ ) и раствором  $MgSO_4$  удовлетворительно ( $R^2 = 0,88$ ) описывается простой линейной функцией для почв с гранулометрическим составом от легкосуглинистых до легкоглинистых и хорошо ( $R^2 = 0,92$ ) – степенной функцией для средне-, тяжелосуглинистых и легкоглинистых почв. Для 81% обследованных почв различия между расчетными (по степенному уравнению) и фактическими значениями  $KAI_{Ac}$  составили не более 20%, а для 97% почвенных разностей - не превышали 30%. Стоимость аналитического оборудования, необходимого для анализа калия в целях почвенной диагностики, в 7-60 раз меньше при определении  $KAI_{Mg}$ , по сравнению с  $KAI_{Ac}$ .**Заключение.** Индекс доступности калия  $KAI_{Mg}$  можно использовать наряду со стандартным индексом доступности  $KAI_{Ac}$  для почв с гранулометрическим составом от среднесуглинистых до легкоглинистых. Пересчет  $KAI_{Mg}$  в  $KAI_{Ac}$  возможен по формуле:  $KAI_{Ac} = 8,108 \cdot KAI_{Mg}^{0,793}$ **Ключевые слова:** калий; почвенная диагностика; индекс доступности; метод определения; калийные удобрения; гранулометрический состав; агрочерноземы; агротемносерые почвы; Западная Сибирь; Средняя Сибирь**Цитирование:** Барсуков П.А., Смоленцев Н.Б., Русалимова О.А. Оценка доступного растениям калия в суглинистых почвах при экстракции 0,1М раствором сульфата магния // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 1. e114. doi: 10.31251/pos.v3i1.114**ВВЕДЕНИЕ**

Калий является одним из трех важнейших биофильных элементов, недостаток которых наиболее часто лимитирует продуктивность растений в сельскохозяйственных экосистемах. Для удовлетворения потребности культурных растений в калии часто необходимо внесение калийных удобрений. Дозы удобрений зависят от содержания доступного для растений калия в почве и, в меньшей степени, от генетически определенного уровня ассимиляции этого питательного элемента той или иной культурой. Диагностика содержания в почве доступных растениям форм элементов питания является одним из наиболее экономически эффективных инструментов управления актуальным почвенным плодородием. Это мероприятие, в частности, позволяет оценивать обеспеченность почв калием, доступным для различных сельскохозяйственных культур, принимать решения о внесении удобрений, рассчитывать их оптимальные дозы и формы по отдельным полям хозяйства (Сох, 1994).

Для почвенной диагностики калийного питания растений были разработаны многочисленные методы. В нашей стране в системе Агрохимической службы официально приняты к использованию четыре метода для различных типов почв, соответствующие ГОСТам 26210-91, 26207-91, 26204-91 и 26205-91. Для всех четырех методов калий, после его экстракции из почвы, рекомендуется определять на пламенном фотометре. В настоящее время широкое

распространение имеет также определение калия на атомно-абсорбционном спектрометре. Эти методы требуют дорогостоящего оборудования и расходных материалов, квалифицированного персонала, что не всегда доступно для небольших лабораторий. Следовательно, менее затратный метод определения обменного калия позволил бы шире применять почвенную диагностику калийного питания растений и, соответственно, более обоснованно определять потребность в калийных удобрениях и более точно рассчитывать их дозы.

В связи с этим целью нашей работы был поиск менее затратного метода определения доступного растениям калия для почвенной диагностики, т.е. метода, не предусматривающего использования относительно дорогостоящей пламенной фотометрии или безусловно дорогостоящей атомно-абсорбционной спектрометрии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Объекты исследования.** В качестве объекта исследования было выбрано 100 почвенных образцов агрогенных автоморфных почв (агротемносерых и агрочерноземов) лесостепной зоны Западной Сибири и Средней Сибири с различным гранулометрическим составом: от легкоуглинистого до легкоглинистого. Тип/подтип почв, включенных в выборку, и их гранулометрический состав были определены преимущественно по почвенным картам конкретных хозяйств (сделанных областными филиалами ГИПРОЗЕМа в 70-80-е годы прошлого века).

Почвенные образцы были отобраны в различных хозяйствах Новосибирской, Томской, Кемеровской областей и Красноярского края при проведении почвенно-агрохимических обследований пахотных угодий этих хозяйств в 2016-2019 гг. (табл. 1). В каждом году почвенные образцы отбирали в период с 3-й декады сентября по 2-ю декаду октября.

*Таблица 1*

Название и местоположение хозяйств, в которых были отобраны почвенные образцы

Административный регион	Административный район	Название хозяйства
Новосибирская область	Краснозерский	ООО «Рубин», ИП «Вайс А.Э.», ЗАО «Черемошенское», КХ «Доброволец», ИП «Глава КФХ Мирошник Д.И.», ЗАО «Новомайское»
	Новосибирский	ООО «Совхоз Морской», опытные поля ИЦиГ и СибНИИРС СО РАН
	Колыванский	ООО «Соколово», ООО «Краснооктябрьское»
	Коченевский	КХ «Царик А.Я.», СПК «Урожай», ООО «Раздольное», КФХ «Брик Е.В.»
	Купинский	ООО «Медяковское», ООО «Сибирская Зернопромышленная Компания»
	Доволенский	ООО «АПХ Кристалл-Суздальское»
	Черепановский	ОАО «Крутишинское», ООО МЖК «Альва-Фарм»
	Ордынский	ИП «Леонидов А.П.», ЗАО «Пичуги», КХФ «Водолей»
	Барабинский	СПК «Нива»
Кемеровская область	Ленинск-Кузнецкий	ООО «КХ Рошупкин С.И.»
	Гурьевский	ИП «Мовсесян А.А.», ИП «Глава КФХ Надеев Н.В.»
Томская область	Кожевниковский	ООО «Авангард», КФХ «Летяжье»
Красноярский край	Шарыповский	ИП «Рапана К.И.»
	Новоселовский	ЗАО «Светлолобовское»

**Отбор почвенных образцов.** Образцы отбирали из пахотного слоя гумусово-аккумулятивного горизонта почв почвенным буром диаметром 40 мм. Все анализируемые образцы представляют собой объединенные пробы, которые составляли из 3-11 смешанных образцов с одного поля. Один смешанный образец составляли из 5-7 индивидуальных (точечных) образцов с одного элементарного участка внутри поля. Таким образом, объединенная проба достаточно репрезентативно характеризует то или иное поле в целом.

**Химические анализы.** Сразу после отбора почвенные образцы высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. В почвенных образцах определяли два пула калия, экстрагируемые растворами ацетата аммония или сульфата магния. Для приготовления растворов использовали деионизованную воду, полученную с помощью системы очистки воды Purelab option-Q7/15 (ELGA LabWater, UK).

Содержание обменного калия определяли по методу Масловой (ГОСТ 26210-91). Навеску почвы экстрагировали раствором 1М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (рН=7,0) в соотношении почва : экстрагирующий раствор 1:10. Почвенную суспензию перемешивали на ротаторе 1 ч, затем фильтровали. В фильтрате определяли содержание калия на атомно-абсорбционном спектрометре с пламенной атомизацией Квант-2А (Россия).

Второй метод определения пула почвенного калия включал экстракцию почвы раствором 0,1М  $\text{MgSO}_4$  при соотношении почва : раствор 1:10. Суспензию почвы с раствором перемешивали на ротаторе 1 ч, затем фильтровали. В фильтрате определяли содержание калия потенциометрическим способом с использованием иономера АНИОН-4151 (Россия), ион-селективного по калию электрода ЭЛИТ-031 и электрода сравнения ЭСр-10101, заполненного 1М раствором ацетата лития.

Статистическую обработку данных проводили методами регрессионного, корреляционного и вариационного анализов с помощью пакета программ прикладной статистики Snedecor v.5.80 (Сорокин, 2012).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Содержание двух пулов калия, экстрагируемых ацетатом аммония и сульфатом магния в почвах различного гранулометрического состава

Из проанализированных нами почвенных образцов 13% представлено агротемносерыми почвами/Luvic Phaeozems (Albic, Anthric) и 87% - различными агрочерноземами, в основном агрочерноземами глинисто-иллювиальными/Luvic Chernozems (Anthric), а также агрочерноземами сегрегационными/Haplic Chernozems (Pachic, Anthric) и агрочерноземами текстурно-карбонатными/Calcic Chernozems (Anthric). Названия почв даны в соответствии с российской (Классификация..., 2004) и международной WRB (IUSS..., 2015) классификациями почв. По гранулометрическому составу выборка почв включала 28 легкосуглинистых почв, 59 среднесуглинистых, 8 тяжелосуглинистых и 5 легкоглинистых. Все почвенные образцы были отобраны с пахотных угодий, имеющих разную историю применения удобрений, возделывания сельскохозяйственных культур, способов обработки почвы. Внесение калийных удобрений на этих полях представляется маловероятным, по крайней мере, в последние 15-20 лет, за исключением трех образцов легкосуглинистой почвы с опытных полей ИЦиГ СО РАН и четырех образцов среднесуглинистой почвы СибНИИРС СО РАН. Общим для всех почв является лишь то, что они находятся в длительном сельскохозяйственном использовании не менее 50 лет. Как отмечено выше, тип/подтип и гранулометрический состав почв, участвующих в выборке, был определен в большинстве случаев по почвенным картам конкретных хозяйств, что является весьма приблизительной оценкой. Данная выборка почв приблизительно отражает распространенность типов/подтипов почв с присущим им гранулометрическим составом в пахотном фонде исследуемого региона, т.е. южных частей Западной и Средней Сибири.

Почвенные образцы были проанализированы на содержание обменного калия по методу Масловой и путем экстракции раствором 0,1М  $\text{MgSO}_4$  (табл. 2).

**Таблица 2**

Содержание обменного калия (по методу Масловой) и калия, экстрагируемого раствором сульфата магния, в агрочерноземах и агротемносерых почвах различного гранулометрического состава

ГС*	K1 <sup>#</sup>	K2 <sup>®</sup>	ГС	K1	K2	ГС	K1	K2	ГС	K1	K2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В	20	42	В	79	192	С	377	812	С	90	280
В	21	41	В	122	271	С	172	507	С	124	361
В	16	55	В	92	150	С	102	351	С	96	297
В	51	112	С	81	309	С	71	212	С	85	280
В	79	119	С	73	268	С	238	700	С	306	812
В	184	345	С	230	608	С	145	471	С	90	233
В	378	812	С	54	185	С	104	332	С	108	265
В	84	181	С	289	634	С	117	361	С	188	555
В	63	131	С	88	295	С	118	342	С	246	579
В	79	201	С	72	201	С	68	212	С	74	214
В	76	181	С	82	206	С	60	212	С	98	316

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>B</b>	65	151	<b>C</b>	73	181	<b>C</b>	76	212	<b>C</b>	71	274
<b>B</b>	79	190	<b>C</b>	78	181	<b>C</b>	109	351	<b>D</b>	146	342
<b>B</b>	74	216	<b>C</b>	100	361	<b>C</b>	148	481	<b>D</b>	252	572
<b>B</b>	58	190	<b>C</b>	226	516	<b>C</b>	98	268	<b>D</b>	201	445
<b>B</b>	85	220	<b>C</b>	95	379	<b>C</b>	41	177	<b>D</b>	305	874
<b>B</b>	75	220	<b>C</b>	100	297	<b>C</b>	151	409	<b>D</b>	151	471
<b>B</b>	171	301	<b>C</b>	112	387	<b>C</b>	95	233	<b>D</b>	115	432
<b>B</b>	82	190	<b>C</b>	174	531	<b>C</b>	128	361	<b>D</b>	208	445
<b>B</b>	92	211	<b>C</b>	119	379	<b>C</b>	318	903	<b>D</b>	548	1191
<b>B</b>	85	201	<b>C</b>	74	278	<b>C</b>	288	591	<b>E</b>	102	316
<b>B</b>	84	211	<b>C</b>	75	342	<b>C</b>	151	555	<b>E</b>	95	274
<b>B</b>	106	284	<b>C</b>	117	369	<b>C</b>	116	361	<b>E</b>	74	282
<b>B</b>	149	324	<b>C</b>	99	387	<b>C</b>	134	481	<b>E</b>	92	312
<b>B</b>	113	214	<b>C</b>	198	498	<b>C</b>	254	845	<b>E</b>	103	328

Примечание. \* – гранулометрический состав почв; **B** – легкосуглинистые, **C** – среднесуглинистые, **D** – тяжелосуглинистые и **E** – легкоглинистые почвы; # – калий, экстрагируемый раствором 0.1M MgSO<sub>4</sub>, мг K<sub>2</sub>O/кг; & – обменный калий (по Масловой), мг K<sub>2</sub>O/кг.

Полученные результаты были сгруппированы в соответствии с гранулометрическим составом почв, для каждой из групп рассчитаны некоторые показатели вариационной статистики (табл. 3). Несмотря на различные истории полей, с которых были отобраны образцы (уровень применения удобрений, способ обработки почв, предшествующие культуры), усредненные значения обоих индексов доступности калия (средние арифметические и медианы) существенно различались для почв разного гранулометрического состава, возрастая в ряду от легкосуглинистых к тяжелосуглинистым почвам. Однако в легкоглинистых почвах содержание калия было даже ниже, чем в среднесуглинистых. Последнее можно объяснить крайне малой выборкой для легкоглинистых почв (n=5), а также тем, что эти почвенные образцы были отобраны в пределах только одного хозяйства с полей, почвенный покров которых представлен агротемносерыми почвами.

Средние размеры пула обменного калия (по Масловой) в 2,2–2,9 раза превышали пул калия, экстрагируемого сульфатом магния, для суглинистых почв и в 3,2 – для легкоглинистых почв.

Таблица 3

Вариационная статистика величин содержания обменного калия (по методу Масловой) и калия, экстрагируемого раствором сульфата магния, сгруппированных по гранулометрическому составу

Содержание калия, мг K <sub>2</sub> O/кг	Гранулометрический состав	n	Среднее арифметическое	Стандартная ошибка	V*, %	Медиана	Асимметрия
Обменный калий	<b>B</b>	28	213	26.4	66	197	2.8
	<b>C</b>	59	390	23.2	46	351	1.1
	<b>D</b>	8	597	102.2	48	458	1.3
	<b>E</b>	5	302	10.4	8	312	-0.3
	<b>B, C, D, E</b>	100	352	20.3	58	305	1.5
Калий, экстрагируемый раствором сульфата магния	<b>B</b>	28	95	12.8	71	81	2.7
	<b>C</b>	59	133	9.8	56	104	1.4
	<b>D</b>	8	241	49.0	58	205	1.5
	<b>E</b>	5	93	5.2	13	95	-1.0
	<b>B, C, D, E</b>	100	129	8.6	66	100	2.1

Примечание. \* – коэффициент вариации. Обозначения гранулометрического состава почв: **B** – легкосуглинистые, **C** – среднесуглинистые, **D** – тяжелосуглинистые, **E** – легкоглинистые.

Коэффициенты вариаций величин содержания калия достигали высоких значений, составляя в среднем для всех проанализированных образцов 58% для обменного калия (по Масловой) и 66% для калия, экстрагируемого раствором сульфата магния. Это свидетельствует о включении в нашу выборку почв с достаточно разнообразными свойствами в отношении калийного режима. Внутри группы легкосуглинистых почв коэффициенты вариации величин содержания калия были наиболее высокими

(66-71%), для средне- и тяжелосуглинистых почв – несколько ниже (46-58), и наиболее низкими (8-13%) – для легкоглинистых почв, что опять же объясняется малой выборкой последней группы почв. Для всех трёх групп суглинистых почв получена положительная (правосторонняя) асимметрия, достигающая существенных значений (более 1,1), т.е. в этих выборках большая часть почвенных образцов имеет значения содержания калия ниже средних арифметических. Это же подтверждается тем, что медианные значения пулов калия меньше средних арифметических для всех групп суглинистых почв (см. табл. 3): различия достигали 8-23% для обменного калия (по Масловой) и 15-22% для калия, экстрагируемого сульфатом магния. Наиболее значительное отклонение распределения содержания калия от нормального получено для выборки легкосуглинистых почв, где коэффициент асимметрии был равен такому высокому значению, как 2,7-2,8, для обоих пулов калия.

Помимо изучения вариационных характеристик этих двух пулов калия в различных по гранулометрическому составу почвах представляет несомненный интерес их оценка с точки зрения обеспечения растений доступными для них формами (фракциями) почвенного калия.

### Доступные растениям фракции калия в почвах

Известно, что валовое содержание калия в почве крайне слабо коррелирует с его доступностью растениям. Последнее в гораздо большей степени определяется фракционным составом калийного фонда почв. Фракции (формы) калия физически различаются по прочности связи иона калия с минеральными и органоминеральными коллоидными частицами почвенного поглощающего комплекса (Якименко, 2018). Существует несколько классификаций форм почвенного калия, которые приводятся, например, в недавнем обзоре В.Н. Якименко (2018). Поскольку рассмотрение всего калийного фонда почв находится за рамками настоящей статьи, остановимся только на тех формах калия, которые могут быть непосредственно доступны растениям в ходе текущего/ближайшего вегетационного сезона. Такими формами, безусловно, являются:

(а) калий почвенного раствора;

а также обменный калий, подразделяемый на:

(б) легкообменный калий – экстрамицеллярно поглощенный на внешних поверхностях / гранях минералов и органоминеральных коллоидов;

(в) труднообменный калий – интрамицеллярно поглощенный в краевых зонах межпакетных промежутков кристаллитов (Якименко, 2003).

Кроме того, имеется предположение, что небольшая часть необменного калия переходит в раствор при экстракции 1М ацетатом аммония (Naby et al., 1990) и может быть использована растениями. В настоящее время различают две фракции необменного калия: (i)  $K^+$ , поступивший в почву (например, с удобрениями) и фиксируемый необменно на деформированных краях и клиновидных участках 3-слойных глинистых минералов и (ii)  $K^+$ , содержащийся в межслоевом пространстве 3-слойных глинистых минералов (Breker, 2017). Учитывая, что катионы  $NH_4^+$  и  $K^+$  имеют практически одинаковый ионный радиус, низкую энергию гидратации и характеризуются схожим поведением в процессах сорбции-десорбции глинистыми минералами (Nommik, Vahtras (1982), мы можем «переносить» выводы о процессах, происходящих с  $NH_4^+$  на  $K^+$ . В опытах с внесением меченных  $^{15}N$  аммонийных удобрений установлено, что определенная доля  $^{15}NH_4^+$  очень быстро фиксируется необменно, однако в ходе того же вегетационного сезона частично высвобождается и поглощается растениями. Причем скорость десорбции недавно фиксированного (экзогенного)  $NH_4^+$  из необменных позиций существенно выше, чем нативного (эндогенного) аммония (Kowalenko, Ross, 1980; Nieder et al., 2011). Наряду с «недавно фиксированным» аммонием, был введен термин «промежуточно-фиксированный» аммоний, который характеризуется более быстрыми процессами сорбции и десорбции, чем нативный аммоний (Nieder et al., 2011). В отношении необменно фиксированного калия было также введено понятие «нативного» (т.е. эндогенного, почвенного) калия, отличающегося от необменно фиксированного калия внесенных удобрений (Dhillon et al., 1989). Вероятно, недавно фиксированный и промежуточно фиксированный  $K^+$  и  $NH_4^+$  занимают одни и те же позиции: на деформированных краях и клиновидных участках 3-слойных глинистых минералов, которые находятся в процессе разрушения. Таким образом, мы полагаем, что, наряду с вышеприведенными формами калия (а), (б) и (в), растениям также частично доступен промежуточно фиксированный необменный калий, особенно из недавно внесенных калийных удобрений.

Обменные формы калия (б) и (в) составляют большую часть пула доступного растениям калия. По определению Д.С. Орлова (цит. по Якименко, 2003) обменный калий, как и любые

обменные катионы, вытесняются из почвы многократной обработкой нейтральными растворами нейтральных солей. При однократной обработке почвы 1М ацетатом аммония в раствор переходит значительная доля (хотя и не полностью) обменного калия. В случае применения в качестве вытесняющего раствора 0,1М  $MgSO_4$  в раствор поступает в среднем для всех проанализированных образцов в 2,7 раза меньше калия, чем при использовании 1М ацетата аммония в качестве экстрагента. Наиболее вероятно, в этом случае в раствор переходит преимущественно экстрамицеллярно поглощенный калий, расположенный на поверхностях органоминеральных коллоидов и на внешних планарных поверхностях вторичных минералов, а также их боковых сколах и в клиновидных межпакетных промежутках.

### Индексы доступности калия

Помимо упомянутых выше объективно (физически) существующих форм калия, в русскоязычной агрохимической литературе часто используются такие весьма условные термины, как «подвижный», «усвояемый», «доступный» калий. В.Н. Якименко (2018) отмечает, что применение этих терминов при изучении калийного режима почв неправильно, но может быть допустимо при рассмотрении уровня калийного питания растений. Полагаем, что наиболее корректно называть тот или иной пул калия по экстрагирующему раствору. Например, калий, экстрагируемый 0,2М  $HCl$ . Однако для удобства в практических целях предлагается использовать термин «индекс доступности», под которым подразумевается оценка содержания пула предположительно доступного растениям элемента минерального питания, экстрагируемого определенным раствором. Например, индекс доступности калия при экстракции 0,2М  $HCl$ . Термин «индекс доступности» («availability index») широко используется в англоязычной научной литературе по отношению к калию (Knudsen et al., 1982) и другим питательным элементам.

В системе Агрохимической службы Российской Федерации приняты четыре метода определения обменного/подвижного калия, на основании которых делают вывод об обеспеченности растений этим элементом в соответствующих почвах:

в дерново-подзолистых, серых лесных, черноземах, красноземах и других почвах определяют обменный К (по Масловой, экстрагент 1М ацетат аммония) в соответствии с ГОСТ 26210-91;

в подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных и других почвах лесной зоны определяют подвижный К (по Кирсанову, экстрагент 0,2М  $HCl$ ) в соответствии с ГОСТ 26207-91;

в черноземах, серых лесных и других почвах степной и лесостепной зон определяют подвижный К (по Чирикову, экстрагент 0,5М  $CH_3COOH$ ) в соответствии с ГОСТ 26204-91;

в сероземах, серо-бурых, бурых, каштановых, черноземах и других почвах пустынной, полупустынной, сухостепной и степной зон, в карбонатных почвах других зон определяют подвижный К (по Мачигину, экстрагент 1%  $(NH_4)_2CO_3$ ) в соответствии с ГОСТ 26205-91.

В.В. Прокошев и И.П. Дерюгин (2000) обобщили методы определения подвижного калия (под которым подразумевают сумму водорастворимого и обменного), опубликованные с 30-х по 80-е годы прошлого века. Авторы делают вывод, что наличие около 100 методов определения подвижного калия свидетельствует о том, что «не найдено реактива, воздействие которого на почву было бы устойчиво эквивалентно усвояющей способности корневой системы растений» (Прокошев, Дерюгин, 2000, с. 31). Тем не менее, определение калия при экстракции почвы 1М ацетатом аммония было принято (на конец 80-х годов) в качестве стандартного (рутинного) метода для исследовательских целей и массовых анализов во многих странах: Австралия, Австрия, Великобритания, Гондурас, Индия, Индонезия, Иордания, Испания, Китай, Малайзия, Мексика, Новая Зеландия, Пакистан, Перу, Филиппины, Шри-Ланка, ЮАР (Novozamsky, Nouba, 1987: цит. по: Прокошев, Дерюгин, 2000).

В таблице 4 мы обобщили некоторые результаты более поздних исследований по использованию различных индексов доступности калия, принятых для определенных почв и/или показывающих хорошую корреляцию с выносом элемента растениями и урожаем в различных почвенно-климатических условиях.

Таблица 4

Индексы доступности калия, принятые для использования в различных почвах / регионах

Индекс доступности: экстрагент и название метода по автору	Область испытания / использования	Примечание (рекомендуемый метод, корреляция с выносом калия культурой, урожаем)	Литературный источник
0,0025M CaCl <sub>2</sub> (по Карпинскому)	Основные пахотные почвы Западной Сибири	Хорошо коррелирует с урожайностью растений в многолетних полевых и вегетационных опытах	Якименко, 2003
1M NH <sub>4</sub> OAc и Mehlich 3 <sup>&amp;</sup>	Различные почвы штата Айова, США	Высокая корреляция между этими индексами доступности; индекс 1M NH <sub>4</sub> OAc при естественной влажности почв лучше коррелирует с урожаем кукурузы и сои	Barbagelata, 2006
1M NH <sub>4</sub> OAc	Почвы Северо-центрального региона США	Рекомендовано в качестве основного метода оценки обеспеченности почв калием в регионе	Warncke, Brown, 2011
1M NH <sub>4</sub> OAc	Различные почвы штата Калифорния, США	Рекомендовано в качестве основного метода оценки обеспеченности почв калием в регионе	Allen et al., 1994
1M NH <sub>4</sub> OAc	Различные почвы штата Северная Дакота, США	Наиболее высокая корреляция с урожаем зерна кукурузы	Breker, 2017
1M NH <sub>4</sub> OAc	Любые почвы, США	Наиболее широко используемый метод	Knudsen et al., 1982
Mehlich-3	Alfisols и Inceptisols, Индия	Хорошо коррелирует с урожаем риса	Seth et al., 2018
1M NH <sub>4</sub> OAc	Почвы центральной Индии	Рекомендовано в качестве основного метода оценки обеспеченности почв калием в регионе	Baghel, 2012
2M HNO <sub>3</sub> и 0,2M NaTPB	Почвы рисовых полей, Китай	Пул К, извлекаемый обоими методами хорошо коррелирует с урожаем риса; высокая корреляция с индексом доступности при экстракции 1M NH <sub>4</sub> OAc	Li et al., 2018
1M NH <sub>4</sub> OAc	9 различных почв Австралии	Наиболее высокая корреляция с поглощением калия пшеницей и урожаем пшеницы	Zhang et al., 2017
0,5M NaHCO <sub>3</sub> (pH 8,5) (по Colwell)	Почвы Австралии: от слабокислых до щелочных	Рекомендовано для широкого использования; в той же вытяжке определяется фосфор	Soil Test Interpretation Guide, 2019
1M NH <sub>4</sub> OAc и 0,2M NaTPB <sup>#</sup>	14 различных почв Чехии	Наиболее высокая корреляция с урожаем многолетнего райграса; высокая корреляция между этими индексами доступности	Madaras, Koubová, 2015
1M NH <sub>4</sub> OAc	36 различных почв Чехии	Наиболее высокая корреляция с урожаем ячменя	Matula, 2009
1M NH <sub>4</sub> OAc	Различные почвы Нигерии	Наиболее высокая корреляция с урожаем сорго	Affinnih et al., 2014
1M NH <sub>4</sub> OAc	110 почвенных разности, ЮАР	Наиболее высокая корреляция с другими 6 индексами доступности (Olsen, Ambic, Bray-2, 0.5M NH <sub>4</sub> Cl, лимонная кислота и Mehlich-3)	Thompson, 1995
1M NH <sub>4</sub> OAc	18 различных почв Таиланда	Наиболее высокая корреляция с поглощением калия просяной культурой	Darunsontaya et al., 2010



Примечание. \* Ас – ацетил ( $\text{CH}_3\text{CO}-$ ); & экстрагент Mehlich-3 включает смесь 0,2М  $\text{CH}_3\text{COOH}$  + 0,25М  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  + 0,015М  $\text{NH}_4\text{F}$  + 0,013М  $\text{HNO}_3$  + 0,001М EDTA; # NaTPB – тетрафенилборат натрия

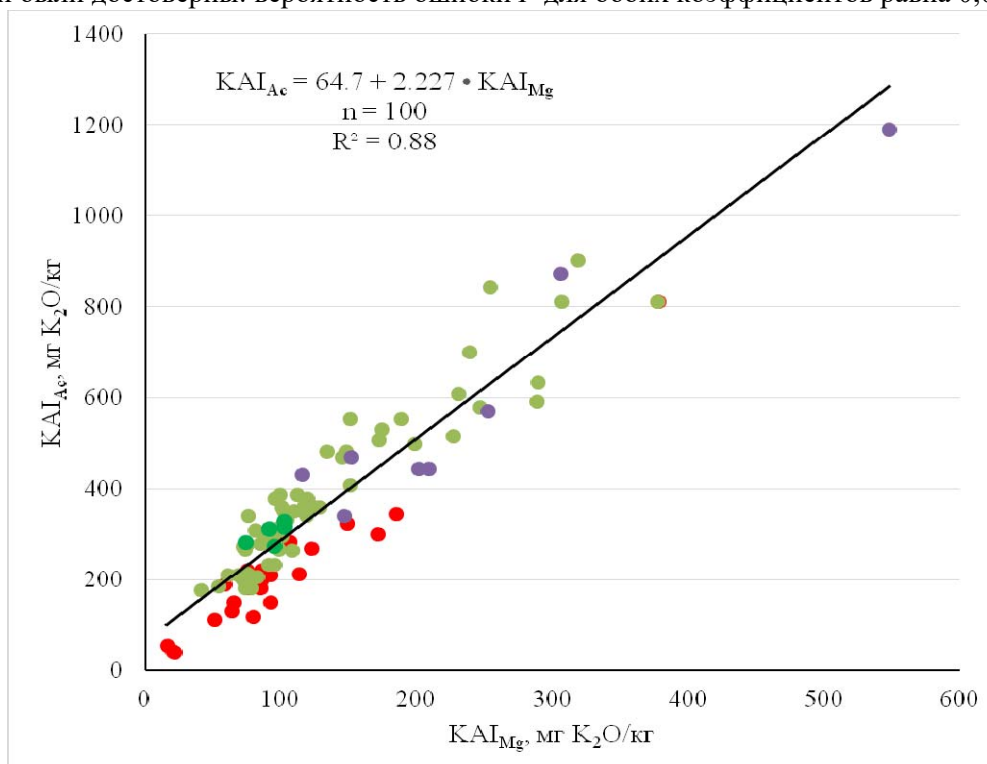
Таким образом, в большинстве самых разнообразных почвенно-климатических условиях, калий, экстрагируемый 1М ацетатом аммония, показывает наилучшую корреляцию с выносом элемента растениями, урожаем и отзывчивостью на внесение калийных удобрений, а также демонстрирует высокую корреляцию с другими индексами доступности калия, что дает основание принять этот индекс в качестве стандартного.

### Сравнение двух индексов доступности калия для суглинистых почв южной части Западной и Средней Сибири

На примере нашей выборки почв было проведено сравнение стандартного индекса доступности калия – обменного калия, экстрагируемого раствором 1М  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , и индекса доступности калия, определяемого при экстракции почвы раствором 0,1М  $\text{MgSO}_4$ , которые ниже будут обозначаться как  $\text{KAI}_{\text{Ac}}$  и  $\text{KAI}_{\text{Mg}}$ , соответственно. В результате регрессионного анализа была установлена зависимость между этими индексами, хорошо описываемая простым уравнением линейной регрессии:

$$\text{KAI}_{\text{Ac}} = 64,7 + 2,227 \cdot \text{KAI}_{\text{Mg}} \quad (1)$$

с коэффициентами детерминации 0,88 и корреляции 0,94 (рис. 1.). Коэффициенты регрессии в уравнении были достоверны: вероятность ошибки  $P$  для обоих коэффициентов равна 0,0000.



**Рисунок 1.** Сравнение индексов доступности калия  $\text{KAI}_{\text{Ac}}$  (экстрагент 1М  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) и  $\text{KAI}_{\text{Mg}}$  (экстрагент 0,1М  $\text{MgSO}_4$ ) для 100 почвенных разностей, включающих легко-, средне-, тяжелосуглинистые и легкосуглинистые почвы.

Красные точки соответствуют легкосуглинистым почвам, свето-зеленые – среднесуглинистым, фиолетовые – тяжелосуглинистым, ярко-зеленые – легкосуглинистым.

Различия (%) между фактическими значениями  $\text{KAI}_{\text{Ac}}$  и рассчитанными по формуле (1) существенно зависели от гранулометрического состава (табл. 5). Для легкосуглинистых почв эти различия в среднем достигали 43%, а для других, более тяжелых почв – лишь 3–5%. Такое значимое отличие между этими почвами позволяет предположить, что индекс доступности  $\text{KAI}_{\text{Mg}}$  можно использовать наряду со стандартным индексом доступности  $\text{KAI}_{\text{Ac}}$  для почв с гранулометрическим составом от среднесуглинистого до легкосуглинистого, но не для почв с большим содержанием песчаных фракций.

Таблица 5

Сравнение фактических и рассчитанных индексов доступности калия  $KAI_{Ac}$  (экстрагент 1М  $NH_4OAc$ ), сгруппированных по гранулометрическому составу почв

Индекс доступности	Гранулометрический состав	n	Среднее арифметическое	Стандартная ошибка	Медиана
$KAI_{Ac}$ , рассчитанные по уравнению (1)	<b>B</b>	28	276	28,5	244
	<b>C</b>	59	362	21,8	296
	<b>D+E</b>	13	475	80,1	390
Различия (%) между фактическими значениями $KAI_{Ac}$ и рассчитанными по уравнению (1)	<b>B</b>	28	-43	8,0	-29
	<b>C</b>	59	5	1,9	10
	<b>D+E</b>	13	3	9,0	4
$KAI_{Ac}$ , рассчитанные по уравнению (3)	<b>C</b>	59	384	21,7	322
	<b>D+E</b>	13	491	73,1	422
Различия (%) между фактическими значениями $KAI_{Ac}$ и рассчитанными по уравнению (3)	<b>C</b>	59	-1	2,0	2
	<b>D+E</b>	13	-3	4,9	3

Примечание. Обозначения гранулометрического состава почв: **B** – легкосуглинистые, **C** – среднесуглинистые, **D** – тяжелосуглинистые и **E** – легкоглинистые почвы.

Факт влияния гранулометрического состава почв на оптимальный уровень обменного калия широко известен и описан в работах отечественных и зарубежных авторов (Якименко, 2003). В частности, гранулометрический состав предложено учитывать в градациях обеспеченности почв обменным калием (Якименко, Бойко, 2019), хотя в системе Агрохимической службы России до сих пор используется лишь одна шкала обеспеченности обменным калием для почв разного гранулометрического состава (Сычев, 2000). Наряду с определением обеспеченности почв обменным калием (экстрагент 1М  $NH_4OAc$ ) была изучена возможность использования легкообменного калия (экстрагент 0,0025М  $CaCl_2$ ) для целей почвенной диагностики (Якименко, Бойко, 2019) и сделан вывод, что этот пул калия является более универсальным показателем, независимым от гранулометрического состава почв, и что «сходные условия калийного питания растений на различных почвенных разновидностях отмечаются при близких значениях содержания в этих почвах легкообменного калия, тогда как уровни других калийных форм в них могут значительно различаться» (Якименко, Бойко, 2019).

Предлагаемый нами экстрагент 0,1М  $MgSO_4$  при определении индекса доступности  $KAI_{Mg}$  является промежуточным по концентрации раствора между 0,0025М  $CaCl_2$  и 1М  $NH_4OAc$ . Учитывая это, считаем обоснованным предположение, что степень влияния гранулометрического состава на содержание доступного растениям калия в почвах снижается в следующем ряду соответствующих индексов доступности экстрагирующих растворов: 1М  $NH_4OAc > 0,1М MgSO_4 > 0,0025М CaCl_2$ . Следовательно, индекс доступности  $KAI_{Mg}$  должен меньше зависеть от гранулометрического состава почв, по сравнению со стандартным индексом доступности  $KAI_{Ac}$ .

Исключив легкосуглинистые почвы из нашей выборки, мы получили следующее уравнение линейной регрессии между двумя индексами доступности:

$$KAI_{Ac} = 104,1 + 2,124 \cdot KAI_{Mg} \quad (2)$$

с коэффициентом детерминации, равным 0,90, и коэффициентом корреляции – 0,95.

Несколько лучше описывает соотношение между двумя индексами доступности степенное уравнение:

$$KAI_{Ac} = 8,108 \cdot KAI_{Mg}^{0,793} \quad (3)$$

с коэффициентами детерминации 0,92 и корреляции 0,96 (рис. 2). Коэффициенты регрессии для уравнений (2) и (3) были достоверны: вероятность ошибки  $P$  для обоих коэффициентов равна 0,0000.

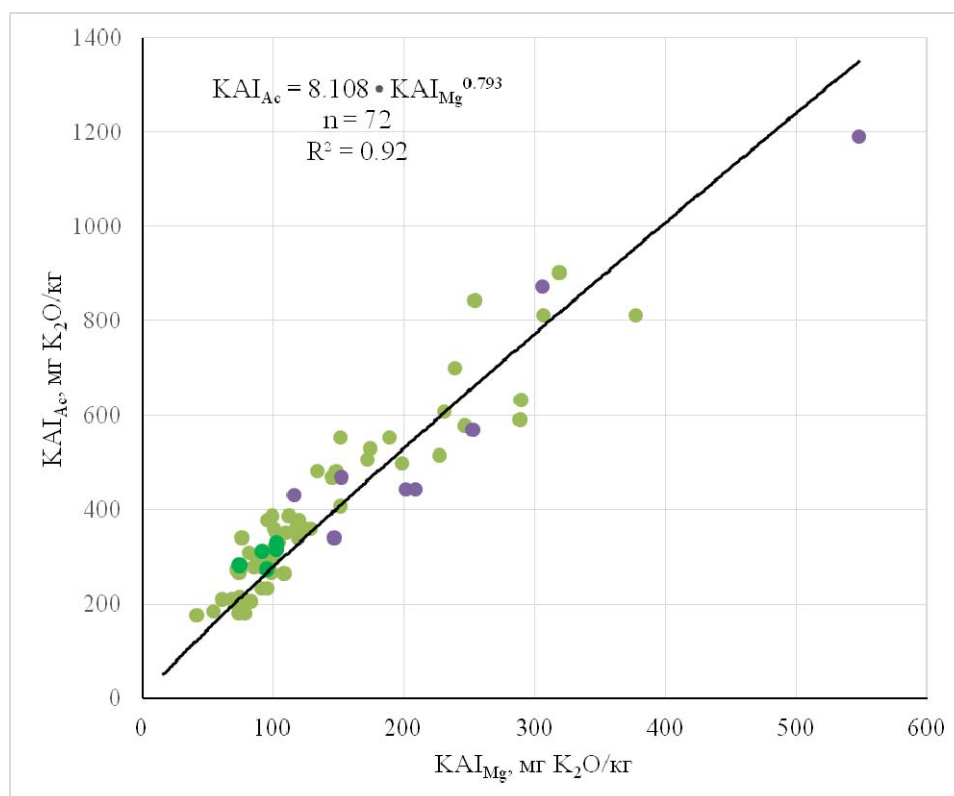


Рисунок 2. Сравнение индексов доступности калия  $KAI_{Ac}$  (экстрагент 1М  $NH_4OAc$ ) и  $KAI_{Mg}$  (экстрагент 0,1М  $MgSO_4$ ) для 72 почвенных разностей, включающих средне-, тяжелосуглинистые и легкоглинистые почвы.

Светло-зеленые точки соответствуют среднесуглинистым почвам, фиолетовые – тяжелосуглинистым, ярко-зеленые – легкоглинистым.

На основании уравнения (3) были рассчитаны индексы доступности  $KAI_{Ac}$ . Средние величины этих индексов были ближе к фактическим значениям (как средние арифметические, так и медианы) и, соответственно, различия между расчетными и фактическими значениями были меньше, по сравнению с  $KAI_{Ac}$ , рассчитанными по уравнению (1). Получено, что для 81% обследованных почвенных разностей различия между расчетными по уравнению (3) и фактическими значениями  $KAI_{Ac}$  составили не более 20%, а для 97% различия не превышали 30%.

Таким образом, считаем обоснованным, что для почв с гранулометрическим составом от среднесуглинистого до легкоглинистого, уравнение (3) можно использовать для расчета индекса доступности калия  $KAI_{Ac}$  на основании определения индекса доступности  $KAI_{Mg}$ .

Отметим также, что публикаций по применению предложенного нами 0,1М раствора  $MgSO_4$  для экстракции каких-либо форм калия нами в литературе не обнаружено. В упомянутой выше монографии (Прокошев, Дерюгин, 2000) приводится лишь два из ~100 методов, которые для экстракции калия используют соли, содержащие магний: 0,03%  $MgSO_4$  (Дашевский и др., 1955: цит. по: Прокошев, Дерюгин, 2000) и 0,25 М  $Mg(CH_3COO)_2$  (Conyers, McLean, 1969: цит. по: Прокошев, Дерюгин, 2000).

### Преимущества определения индексов доступности калия потенциометрическим способом с использованием ионно-селективных электродов (ИСЭ) по сравнению с пламенной фотометрией (ПФ) или атомно-абсорбционной спектроскопией (ААС)

Классическое определение обменного калия по ГОСТ 26210-91 предусматривает определение калия в экстракте на ПФ или ААС. Стоимость ПФ в настоящее время составляет от 200 тыс. руб. Поскольку ПФ имеет ряд ограничений (по количеству определяемых элементов, сравнительно низкая чувствительность и пр.), большинство аналитических учреждений предпочитают приобретать ААС. Стоимость последних на порядок выше, чем ПФ, и начинается от 2 млн руб. Оба типа приборов требуют относительно дорогостоящих расходных материалов. Кроме этого, запуск и эксплуатация этих приборов (периодическая поверка, текущий уход) требует квалифицированного (и высокооплачиваемого) персонала.

Применение предлагаемого нами метода экономически гораздо выгоднее. Требуется лишь иономер или рН-метр с функцией иономера, стоимость которого варьирует в пределах 25–35 тыс. руб. Более того, дополнительного приобретения этого оборудования в подавляющем большинстве лабораторий не требуется, поскольку для проведения анализа можно использовать имеющиеся в лаборатории иономеры/рН-метры, применяемые для проведения самых простых рутинных анализов (нитраты, рН, электропроводность). Потенциометрия, в целом, гораздо более дешевый (как сами приборы, так и расходные материалы) и простой в аппаратурном исполнении метод, менее требовательный к квалификации персонала, который наряду с этим позволяет проводить измерения в полевых условиях. Таким образом, для анализа индекса доступности калия по предлагаемому методу необходимо лишь приобретение твердоконтактного калий-селективного электрода и электрода сравнения. Стоимость этих двух электродов в сумме составляет менее 5 тыс. руб. При этом сколько-либо дорогостоящих расходных материалов и реактивов вообще не требуется.

Определение почвенного калия в экстракте 1М NH<sub>4</sub>OAc потенциометрическим способом невозможно, так как, во-первых, катион аммония, имеющий наиболее близкий ионный радиус с катионом калия, оказывает гораздо большее мешающее действие (снижающее селективность) по сравнению с двухвалентным катионом магния, а во-вторых, общая концентрация раствора при определении KAI<sub>Mg</sub> в 10 раз меньше, чем при определении KAI<sub>Ac</sub>.

Таким образом, стоимость оборудования (даже без учета расходов на текущее обслуживание), необходимого для анализа почв на доступный калий в 7–60 раз меньше при определении KAI<sub>Mg</sub>, по сравнению с KAI<sub>Ac</sub>.

Различие в затратах на определение обменного/подвижного калия (по ГОСТам) и KAI<sub>Mg</sub> можно также продемонстрировать на примере расценок за анализы, осуществляемые различными сертифицированными лабораториями РФ. Учитывая, что предлагаемый нами метод определения KAI<sub>Mg</sub> потенциометрическим способом включает те же операции, что и при определении солевого рН, и мало отличается по время-, ресурс- и трудозатратам, мы провели сравнение стоимости выполнения анализов почвенных образцов на солевой рН и обменный/подвижный калий с анализом элемента в экстракте с помощью ПФ или ААС. В выборку вошли некоторые областные агрохимцентры, центры лабораторного анализа и технических измерений, межобластные ветеринарные лаборатории, референтные центры Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору. Несмотря на значительное расхождение в расценках за анализы, предлагаемые различными аналитическими центрами и лабораториями, можно сделать вывод, что предлагаемый нами метод определения доступного калия будет для заказчика (землепользователя) в 4–6 раз дешевле, чем по ГОСТ 26210-91.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ 100 образцов агрочерноземов и агротемносерых почв Западной и Средней Сибири на определение индексов доступности калия позволил сделать следующие выводы.

Индекс доступности калия KAI<sub>Mg</sub> (экстрагент 0,1М MgSO<sub>4</sub>) может быть использован наряду со стандартным индексом доступности KAI<sub>Ac</sub> (экстрагент 1М NH<sub>4</sub>OAc) для почв с гранулометрическим составом от среднесуглинистых до легкоглинистых. С высокой степенью достоверности ( $R^2 = 0,92$  и  $R = 0,96$ ) пересчет KAI<sub>Mg</sub> в KAI<sub>Ac</sub> возможен по формуле:

$$KAI_{Ac} = 8,108 \cdot KAI_{Mg}^{0,793}$$

Отклонения расчетных значений индексов доступности от фактических не превышали 20% для 81% обследованных почв и практически для всех почв (97%) укладывались в интервал 30%.

Включенные в выборку средне-, тяжелосуглинистые и легкоглинистые агрочерноземы и агротемносерые почвы составляют основу пахотного фонда почв Западной и Средней Сибири. Поэтому расширение проведения диагностики калийного питания растений в этих почвах имеет большое практическое значение. Предложенный метод определения индекса доступности при экстракции раствором 0,1М MgSO<sub>4</sub> обладает значительным преимуществом по сравнению с официально рекомендуемыми (ГОСТы) методами определения KAI<sub>Ac</sub>, за счет снижения стоимости этого анализа, так как в первом случае анализ калия в экстрагенте выполняется потенциометрическим способом с использованием ИСЭ, а во втором – на ПФ или ААС. В результате стоимость оборудования, необходимого для анализа калия (даже без учета расходов на

текущее обслуживание) в 7-60 раз меньше при определении  $KA_{Mg}$ , по сравнению с  $KA_{Ac}$ . Это находит свое отражение в расценках за анализы: определение индекса доступности калия  $KA_{Mg}$  в одном почвенном образце обойдется землепользователю в 4-6 раз дешевле, чем  $KA_{Ac}$ .

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН в рамках программы с № государственной регистрации АААА-А17-117030110078-1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ 26210-91 Почвы*. Определение обменного калия по методу Масловой. Москва: Издательство стандартов. 1992. 6 с.
2. *ГОСТ 26207-91 Почвы*. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО. Москва: Издательство стандартов. 1992. 9 с.
3. *ГОСТ 26204-91 Почвы*. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Москва: Издательство стандартов. 1992. 9 с.
4. *ГОСТ 26205-91 Почвы*. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Москва: Издательство стандартов. 1992. 11 с.
5. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
6. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. *Калий и калийные удобрения*. Москва: Ледум. 2000. 185 с.
7. Сорокин О.Д. *Прикладная статистика на компьютере, 2-е издание*. Новосибирск. 2012. 282 с.
8. Сычев В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания «доступного» калия // *Агрохимический вестник*. 2000. № 5. С. 30-34.
9. Якименко В.Н. *Калий в агроценозах Западной Сибири*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 231 с.
10. Якименко В.Н. Формы калия в почве и методы их определения // *Почвы и окружающая среда*. 2018. Том 1. №1. С. 25-31. doi: [10.31251/pos.v1i1.5](https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.5)
11. Якименко В.Н., Бойко В.Н. Диагностика калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири // *Почвы и окружающая среда*. 2019. Том 2. № 2. с74. doi: [10.31251/pos.v2i2.74](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.74)
12. Affinnih K.O., Salawu I.S., Isah A.S. Methods of Available Potassium Assessment in Selected Soils of Kwara State, Nigeria // *Agrosearch*. 2014. Vol.14(1). P. 76-87. doi: [10.4314/agrosh.v14i1.8](https://doi.org/10.4314/agrosh.v14i1.8)
13. Allen E.R., Johnson G.V., Unmh L.G. *Current approaches to soil testing methods: Problems and solutions*. In book: Havlin J.L., Jacobsen J.S. (Eds.), *Soil Testing: Prospects for Improving Nutrient Recommendation*. SSSA Special Publications, vol. 40. Soil Science Society of America, Madison, WI: USA, 1994. P. 203–220.
14. Baghel S.S. *Determination of potassium in soil and plant* // CAFT on Advances in Agrotechnologies for improving soil, plant, atmosphere system, 2012. P. 23-25.
15. Barbagelata P.A. *Evaluation of potassium soil tests and methods for mapping soil fertility properties in Iowa corn and soybean fields* Diss. of PhD Sci. Iowa State University Ames, Iowa, USA, 2006. 117 p.
16. Breker J.S. *Recalibration of soil potassium test for corn in North Dakota*. Diss. of Master Sci. Fargo, North Dakota, USA, 2017. 170 p.
17. Cox F.R. *Current phosphorous availability indices: characteristics and shortcomings*. In book: Havlin J.L., Jacobsen J.S. (Eds.), *Soil Testing: Prospects for Improving Nutrient Recommendation*. SSSA Special Publications, vol. 40. Soil Science Society of America, Madison, WI: USA, 1994. P. 101 – 113.
18. Darunsontaya T., Suddhiprakarn A., Kheoruenromne I., Gilkes R.J. A comparison of extraction methods to assess potassium availability for Thai upland soils. *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia*. Published on DVD. [Electronic resource]. URL: [https://www.researchgate.net/profile/R\\_Gilkes/publication/265194501\\_A\\_comparison\\_of\\_extraction\\_methods\\_to\\_assess\\_potassium\\_availability\\_for\\_Thai\\_upland\\_soils/links/548e58f50cf2d1800d8423fe/A-comparison-of-extraction-methods-to-assess-potassium-availability-for-Thai-upland-soils.pdf](https://www.researchgate.net/profile/R_Gilkes/publication/265194501_A_comparison_of_extraction_methods_to_assess_potassium_availability_for_Thai_upland_soils/links/548e58f50cf2d1800d8423fe/A-comparison-of-extraction-methods-to-assess-potassium-availability-for-Thai-upland-soils.pdf) (appeal date 08/23/2020)
19. Dhillon S.K., Sidhu P.S. and Bansal R.C. Release of potassium from some benchmark soils of India // *Journal of Soil Science*. 1989. Vol. 40. P. 783-797. doi: [10.1111/j.1365-2389.1989.tb01318.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1989.tb01318.x)
20. Haby V.A., Russelle M.P., Skogley E.O. *Testing soils for potassium, calcium and magnesium*. // Westerman R.L. (ed.) *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison, WI: SSSA, 1990. P. 181–227.
21. *IUSS Working Group, World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2015. 192 p.
22. Knudsen D., Peterson G.A. and Pratt P.F. *Lithium, sodium and potassium*. In book: *Methods of Soil Analysis, Agronomy 9, Part 2, 2nd ed.* Eds AL Page, RH Miller & DR Keeney. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, 1982. P. 225–246.
23. Kowalenko C.G., Ross G.J. Studies on the dynamics of “recently” clay-fixed  $NH_4$  using  $^{15}N$  // *Canadian Journal of Soil Science*. 1980. Vol. 60. P. 61–70. doi: [10.4141/cjss80-007](https://doi.org/10.4141/cjss80-007)

24. Li X.K., Zhang Y.Y., Wang W.N., Khan M.R., Cong R.H., Lu J.W. Establishing grading indices of available soil potassium on paddy soils in Hubei province, China // *Scientific Reports*. 2018. Vol.8. e1638. doi:10.1038/s41598-018-33802-3
25. Madaras M., Koubová M. Potassium availability and soil extraction tests in agricultural soils with low exchangeable potassium content // *Plant, Soil and Environment*. 2015. Vol. 61. No. 5. P. 234–239. doi: 10.17221/171/2015-PSE
26. Matula J. A relationship between multi-nutrient soil tests (Mehlich 3, ammonium acetate, and water extraction) and bioavailability of nutrients from soils for barley // *Plant, Soil and Environment*. 2009. Vol. 55, No. 4. P. 173–180. doi: 10.17221/29/2009-PSE
27. Nommik H., Vahtras. K. *Chapter 4. Retention and Fixation of Ammonium and Ammonia in Soils*. In book: Nitrogen in Agricultural Soils. Agronomy Monograph 22. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, WI, USA, 1982. P. 123-171.
28. Nieder R., Benbi D.K., Scherer H.W. Fixation and defixation of ammonium in soils: a review // *Biology and Fertility of Soils*. 2011. Vol.47. P. 1–14. doi: 10.1007/s00374-010-0506-4
29. Seth A., Sarkar D., Masto R.E., Batyabal K., Saha S., Murmu S., Das R., Padhan D., Mandal, B. Critical limits of Mehlich 3 extractable phosphorous, potassium, sulfur, boron and zinc in soils for nutrition of rice (*Oryza sativa* L.) // *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2018. Vol.18. No. 2. P. 512-523. doi: 10.4067/S0718-95162018005001601
30. Soil Test Interpretation Guide // APAL Agricultural Laboratory, 2019. URL: <https://www.apal.com.au/SoilTesting.aspx>
31. Thompson G.R. A comparison of methods used for the extraction of K in soils of the Western Cape // *South African Journal of Plant and Soil*. 1995. Vol. 12 (1). P. 20-26. doi: 10.1080/02571862.1995.10634329
32. Zhang Y., Nachimuthu G., Mason S., McLaughlin M.J., McNeill A., Bell M.J. Comparison of soil analytical methods for estimating wheat potassium fertilizer requirements in response to contrasting plant K demand in the glasshouse // *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. e11391. doi:10.1038/s41598-017-11681-4
33. Warncke D., Brown J.R. *Chapter 7. Potassium and other basic cations* // *Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region*. 2011. No221. P. 31-33.

Поступила в редакцию 19.09.2020

Принята 19.10.2020

Опубликована 15.11.2020

#### Сведения об авторах:

**Барсуков Павел Анатольевич** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [barsukov@issa-siberia.ru](mailto:barsukov@issa-siberia.ru)

**Смоленцев Николай Борисович** – ведущий инженер лаборатории биогеохимии почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [n-smolentsev@issa-siberia.ru](mailto:n-smolentsev@issa-siberia.ru)

**Русалимова Ольга Александровна** – младший научный сотрудник лаборатории агрохимии Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [rusalimova@issa-siberia.ru](mailto:rusalimova@issa-siberia.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

### ESTIMATION OF PLANT AVAILABLE POTASSIUM IN LOAMY SOILS BY EXTRACTION WITH MAGNESIUM SULFATE SOLUTION

© 2020 P.A. Barsukov , N.B. Smolentsev, O.A. Rusalimova 

Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: [barsukov@issa-siberia.ru](mailto:barsukov@issa-siberia.ru), [n-smolentsev@issa-siberia.ru](mailto:n-smolentsev@issa-siberia.ru), [rusalimova@issa-siberia.ru](mailto:rusalimova@issa-siberia.ru)

**The aim of the study.** To find a method to estimate plant available potassium for soil testing that does not require expensive flame photometry or atomic absorption spectrometry.

**Location and time of the study.** Southern parts of West and Central Siberia, 2016-2019.

**Methodology.** Comparison the potassium pool, extractable by 0,1M MgSO<sub>4</sub> solution, with exchangeable potassium, extractable by 1M NH<sub>4</sub>OAc solution (according to GOST 26210-91) by regression analysis of the contents in 100 soil samples of arable soils (Luvic, Haplic and Calcic Chernozems, and Luvic Phaeozems) with different granulometric composition.

**Results.** Exchangeable potassium showed the best correlation with the uptake of the element by plants and with yield in a variety of soil and climatic conditions. It was found that the relationship between potassium availability indices  $KAI_{Ac}$  (potassium extracted by 1M  $NH_4OAc$ ) and  $KAI_{Mg}$  (potassium extracted by 0,1M  $MgSO_4$ ) was satisfactorily described ( $R^2 = 0.88$ ) by a simple linear function for soils with texture classes from sandy loam to sandy/silty clay and well described ( $R^2 = 0.92$ ) by a power function for silt loam, clay loam and sandy/silty clay. In 81% of the soils surveyed the difference between the calculated (according to the power equation) and actual  $KAI_{Ac}$  values was no more than 20%, and for 97% of the studied soils it did not exceed 30%. The cost of analytical equipment required for potassium analysis for soil testing is 7–60 times lower for  $KAI_{Mg}$  determination as compared with  $KAI_{Ac}$ .

**Conclusions.** The  $KAI_{Mg}$  potassium availability index can be used alongside the standard  $KAI_{Ac}$  availability index for soils with soil texture classes from silt loam to sandy/silty clay. Conversion of  $KAI_{Mg}$  into  $KAI_{Ac}$  can be made by the following formula:  $KAI_{Ac} = 8,108 \cdot KAI_{Mg}^{0,793}$ .

**Key words:** potassium; soil testing; availability index; method of determination; potassium fertilizer; soil texture; particle size distribution; Chernozems; Phaeozems; West Siberia; Central Siberia

**How to cite:** Barsukov P.A., Smolentsev N.B., Rusalimova O.A. Estimation of plant available potassium in loamy soils by extraction with magnesium sulfate solution // *The Journal of Soils and Environment*. 2020. 3(1). e114. doi: [10.31251/pos.v3i1.114](https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.114) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

1. GOST 26210-91 Soils. Determination of exchangeable potassium by Maslova method. Moscow: Standard Publishing House, 1992, 6 p. (in Russian)
2. GOST 26207-91 Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Chirikov method in CINAO modification. Moscow: Standard Publishing House, 1992, 9 p. (in Russian)
3. GOST 26204-91 Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Kirsanov method in CINAO modification. Moscow: Standard Publishing House, 1992, 9 p. (in Russian)
4. GOST 26205-91 Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Machigin method in CINAO modification. Moscow: Standard Publishing House, 1992, 11 p. (in Russian)
5. *Soil classification and diagnostic of Russia* / Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimov. Smolensk: Oykumena Publ., 2004, 342 p. (in Russian)
6. Prokoshchev V.V., Deryugin I.P. *Potassium and potassium fertilizers*. Moscow, Ledum Publ., 2000, 185 p. (in Russian)
7. Sorokin O.D. *Applied statistics on a computer, 2nd edition*. Novosibirsk, 2012, 82 p. (in Russian)
8. Sychev V.G. Possibilities to improve graduations of "available" potassium content, *Agrochemical Bulletin*, 2000, № 5, p. 30-34. (in Russian)
9. Yakimenko V.N. *Potassium in agrocenoses of West Siberia*. Novosibirsk, Nauka Publ., 2003, 231 p. (in Russian)
10. Yakimenko V.N. Forms of potassium and methods of its determination, *The Journal of Soils and Environment*, 2018, No. 1(1), p. 25-31. doi: [10.31251/pos.v1i1.5](https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.5) (in Russian)
11. Yakimenko V.N., Boyko V.N. Diagnostics of potassium status of soils in the forest-steppe of West Siberia, *The Journal of Soils and Environment*, 2019, Vol. 2, No. 2, e74. doi: [10.31251/pos.v2i2.74](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.74)
12. Affinnih K.O., Salawu I.S., Isah A.S. Methods of Available Potassium Assessment in Selected Soils of Kwara State, Nigeria, *Agrosearch*, 2014, Vol.14(1), p. 76-87. doi: [10.4314/agrosh.v14i1.8](https://doi.org/10.4314/agrosh.v14i1.8)
13. Allen E.R., Johnson G.V., Unmh L.G. *Current approaches to soil testing methods: Problems and solutions*. In book: Havlin J.L., Jacobsen J.S. (Eds.), *Soil Testing: Prospects for Improving Nutrient Recommendation*. SSSA Special Publications, vol. 40. Soil Science Society of America, Madison, WI: USA, 1994, p. 203–20.
14. Baghel S.S. *Determination of potassium in soil and plant*, CAFT on Advances in Agrotechnologies for improving soil, plant, atmosphere system, 2012, p. 23-25.
15. Barbagelata P.A. *Evaluation of potassium soil tests and methods for mapping soil fertility properties in Iowa corn and soybean fields* Diss. of PhD Sci. Iowa State University Ames, Iowa, USA, 2006, 117 p.
16. Breker J.S. *Recalibration of soil potassium test for corn in North Dakota*. Diss. of Master Sci. Fargo, North Dakota, USA, 2017, 170 p.
17. Cox F.R. *Current phosphorous availability indices: characteristics and shortcomings*. In book: Havlin J.L., Jacobsen J.S. (Eds.), *Soil Testing: Prospects for Improving Nutrient Recommendation*. SSSA Special Publications, vol. 40. Soil Science Society of America, Madison, WI: USA, 1994, p. 101 – 113.
18. Darunsontaya T., Suddhiprakarn A., Kheoruenromne I., Gilkes R.J. A comparison of extraction methods to assess potassium availability for Thai upland soils. *19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, 1–6 August 2010, Brisbane, Australia*. Published on DVD. [Electronic resource]. URL: [https://www.researchgate.net/profile/R\\_Gilkes/publication/265194501\\_A\\_comparison\\_of\\_extraction\\_methods\\_to\\_a\\_ssses\\_potassium\\_availability\\_for\\_Thai\\_upland\\_soils/links/548e58f50cf2d1800d8423fe/A-comparison-of-extraction-methods-to-assess-potassium-availability-for-Thai-upland-soils.pdf](https://www.researchgate.net/profile/R_Gilkes/publication/265194501_A_comparison_of_extraction_methods_to_a_ssses_potassium_availability_for_Thai_upland_soils/links/548e58f50cf2d1800d8423fe/A-comparison-of-extraction-methods-to-assess-potassium-availability-for-Thai-upland-soils.pdf) (appeal date 08/23/2020)

19. Dhillon S.K., Sidhu P.S. and Bansal R.C. Release of potassium from some benchmark soils of India, *Journal of Soil Science*, 1989, Vol. 40, p. 783-797. doi: 10.1111/j.1365-2389.1989.tb01318.x
20. Haby V.A., Russelle M.P., Skogley E.O. *Testing soils for potassium, calcium and magnesium*. In book: Westerman R.L. (ed.) *Soil Testing and Plant Analysis*. Madison, WI: SSSA, 1990, p. 181–227.
21. *IUSS Working Group, World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 2015. 192 p.
22. Knudsen D., Peterson G.A. and Pratt P.F. *Lithium, sodium and potassium*. In book: *Methods of Soil Analysis, Agronomy 9, Part 2, 2nd ed.* Eds AL Page, RH Miller & DR Keeney. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA, 1982, p. 225–246.
23. Kowalenko C.G., Ross G.J. Studies on the dynamics of “recently” clay-fixed NH<sub>4</sub> using <sup>15</sup>N, *Canad. J. of Soil Sci.* 1980, Vol.60, p. 61–70. doi: 10.4141/cjss80-007
24. Li X.K., Zhang Y.Y., Wang W.N., Khan M.R., Cong R.H., Lu J.W. Establishing grading indices of available soil potassium on paddy soils in Hubei province, China, *Scientific Reports*, 2018, Vol.8, e1638. doi:10.1038/s41598-018-33802-3
25. Madaras M., Koubová M. Potassium availability and soil extraction tests in agricultural soils with low exchangeable potassium content, *Plant, Soil and Environment*, 2015, Vol. 61, No. 5. p. 234–239. doi: 10.17221/171/2015-PSE
26. Matula J. A relationship between multi-nutrient soil tests (Mehlich 3, ammonium acetate, and water extraction) and bioavailability of nutrients from soils for barley, *Plant, Soil and Environment*, 2009, Vol. 55, No. 4, p. 173–180. doi: 10.17221/29/2009-PSE
27. Nommik H., Vahtras. K. *Chapter 4. Retention and Fixation of Ammonium and Ammonia in Soils*. In book: *Nitrogen in Agricultural Soils*. Agronomy Monograph 22. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. Madison, WI, USA, 1982, p. 123-171.
28. Nieder R., Benbi D.K., Scherer H.W. Fixation and defixation of ammonium in soils: a review, *Biology and Fertility of Soil*, 2011, Vol. 47, p. 1–14. doi: 10.1007/s00374-010-0506-4
29. Seth A., Sarkar D., Mastro R.E., Batyabal K., Saha S., Murmu S., Das R., Padhan D., Mandal, B. Critical limits of Mehlich 3 extractable phosphorous, potassium, sulfur, boron and zinc in soils for nutrition of rice (*Oryza sativa* L.), *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2018, Vol.18, No. 2, p. 512-523. doi: 10.4067/S0718-95162018005001601
30. *Soil Test Interpretation Guide*, APAL Agricultural Laboratory, 2019.
31. Thompson G.R. A comparison of methods used for the extraction of K in soils of the Western Cape, *South African Journal of Plant and Soil*, 1995, Vol. 12 (1), p. 20-26. doi: 10.1080/02571862.1995.10634329
32. Zhang Y., Nachimuthu G., Mason S., McLaughlin M.J., McNeill A., Bell M.J. Comparison of soil analytical methods for estimating wheat potassium fertilizer requirements in response to contrasting plant K demand in the glasshouse, *Scientific Reports*, 2017, Vol. 7, e11391. doi:10.1038/s41598-017-11681-4
33. Warncke D., Brown J.R. *Chapter 7. Potassium and other basic cations*. In book: *Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region*, 2011, No221, p. 31-33.

Received 19 September 2020

Accepted 19 October 2020

Published 15 November 2020

#### About the authors:

**Barsukov Pavel A.**– Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [barsukov@issa-siberia.ru](mailto:barsukov@issa-siberia.ru)

**Smolentsev Nikolai B.**– Principal Engineer in the Laboratory of Soil Biogeochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [n-smolentsev@issa-siberia.ru](mailto:n-smolentsev@issa-siberia.ru)

**Rusalimova Olga A.**– Junior Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [rusalimova@issa-siberia.ru](mailto:rusalimova@issa-siberia.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)





## ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР И МЕТОДЫ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ

© 2020 В.В. Попов

Адрес: ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: popov@issa-siberia.ru

*Рассмотрены основные категории почвенной влаги: плёночная, капиллярная, гравитационная; дана их краткая характеристика. Представлен обзор методов, применяемых для изучения жидкой фазы почв: водные вытяжки и почвенные пасты, вытеснение почвенного раствора замещающей жидкостью, отпрессовывание, центрифугирование, лизиметрия, измерения жидкой фазы почв *in situ*. Обсуждены их основные достоинства и недостатки.*

**Ключевые слова:** жидкая фаза почвы; поровый раствор; пленочная вода; капиллярная вода; гравитационная вода

**Цитирование:** Попов В.В. Почвенный раствор и методы его изучения // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 1. e103. doi: 10.31251/pos.v3i1.106

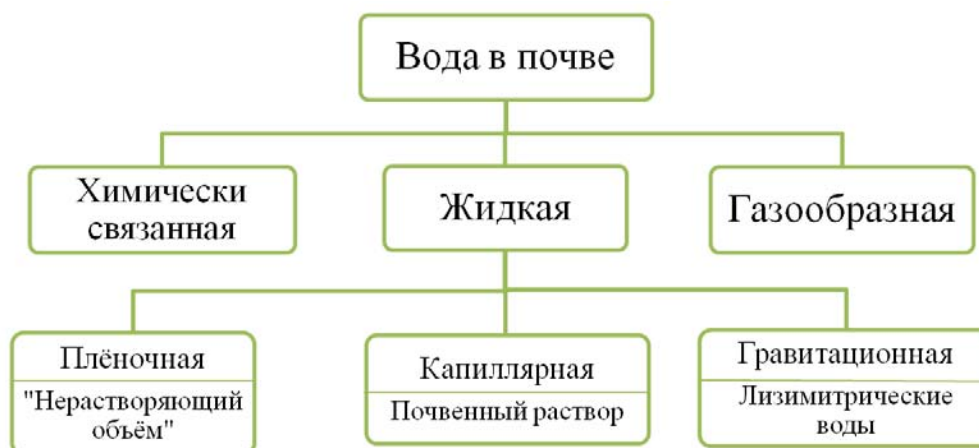
Среди природных вод почвенные растворы имеют огромное значение в почвенных процессах и в жизни растений. Являясь связующим звеном между твёрдыми частицами почвы и корнями, почвенные растворы снабжают растения питательными элементами. Вместе с тем по сей день существует неоднозначность в толковании термина «почвенный раствор» и под ним чаще всего понимают совокупность форм воды в почве. Учебник по почвоведению (Почвоведение, 1988) определяет почвенный раствор «как жидкую фазу почв, включающую почвенную воду, содержащую растворенные соли, органоминеральные и органические соединения, газы и тончайшие коллоидные золи». По Д.С. Орлову (1985), «почвенный раствор – это жидкая часть почвы в природных условиях». Подобного взгляда придерживается А.Е. Возбуждая (1968), которая считает термины «жидкая фаза почвы» и «почвенный раствор» синонимичными. Согласно словарю «Биосфера: загрязнение, деградация, охрана» (Орлов и др., 2005), «почвенный раствор – это раствор химических веществ в воде, находящийся в квазиравновесии с твердыми и газообразными фазами почвы и частично или полностью заполняющий ее поровое пространство».

Все эти определения нельзя считать строгими, поскольку остается неясным, какие формы воды могут быть отнесены к почвенному раствору. Относить ли прочносвязанную и гравитационную влагу к почвенному раствору? Данный вопрос весьма важен, так как от терминологического предпочтения зависит выбор исследователем метода изучения жидкой фазы почв и, соответственно, полученные данные, с которыми он будет работать.

Кроме того необходимо отметить, что как в почвоведении, так и в смежных науках о Земле есть близкий по значению термин «поровые растворы» («pore water» или «interstitial water»), их, как правило, подразделяют на почвенные и подпочвенные растворы<sup>1</sup> (Сухоробный, 2013). Поэтому термин «поровые растворы» в пределах почвенного профиля часто используется как синоним термина «почвенные растворы», что вносит дополнительную путаницу. Для ясности в данном вопросе ниже будет дано краткое описание жидкой фазы почвы и её составляющих.

В истории почвоведения много разработанных классификаций форм почвенной влаги. А.А. Роде (1965) выделил несколько основных её категорий, отмечая при этом условность границ между ними: твёрдая; парообразная; химически связанная; физически прочносвязанная (гигроскопическая) и рыхлосвязанная (плёночная); свободная (капиллярная и гравитационная). По мнению В.В. Снакина с соавторами (Снакин и др., 1997), к жидкой фазе почвы непосредственное отношение имеют только три из них: плёночная, капиллярная и гравитационная (рис. 1). М. Бонито (Bonito, 2005) предложил аналогичную классификацию, соотнеся эти формы почвенной воды с радиусом действия сил, которые их удерживают. Область плёночной (сорбированной) воды находится на расстоянии менее 0,2 мкм от твёрдых частиц; капиллярной – от 0,2 до 60 мкм; гравитационной – более 60 мкм.

<sup>1</sup>Более дробную классификацию поровых растворов предложил П.А. Крюков (1971), разделив их на «горные», «почвенные» и «иловые растворы»



**Рисунок 1.** Формы почвенной влаги.

Плёночная вода, часто называемая физически связанной или адсорбированной влагой, малоподвижна, стабильна, недоступна растениям, обладает особыми физическими свойствами и, следовательно, имеет концентрацию и состав, отличные от таковых в почвенных растворах. Она заполняет поры малого диаметра и практически не участвует в капиллярном и гравитационном передвижении влаги (Трофимов, Караванова, 2009). Для отделения этой влаги от твёрдой фазы почвы необходимо очень высокое давление, доступное только методам центрифугирования и отпрессовывания. Но даже этими методами полностью выделить плёночную влагу не представляется возможным (Тимофеева, 2010). В частности, неотжимаемая влага (при 20000 атм.) для сфагнового мха составляет не менее 50 % (Крюков, 1947).

С адсорбированной водой часто связывают такие термины, как «нерастворяющийся объём» и «отрицательная адсорбция ионов», развитые в научных трудах Трофимова (Снакин и др., 1997). Основой этих терминов является представление о том, что вода вблизи поверхности твёрдых частиц подвержена непосредственному воздействию адсорбционных сил и поверхностного заряда, вследствие чего происходят существенные изменения свойств воды. В.В. Снакин с соавторами предполагают, что «правильнее объяснить явление нерастворяющегося объёма не столько электростатическим отталкиванием анионов от почвенных коллоидов (которое, несомненно, имеет место), сколько тем фактом, что вода вокруг твёрдых частиц обладает иной структурой, следовательно, и иными свойствами» (Снакин и др., 1997). Эти иные (аномальные) свойства относятся к таким характеристикам, как растворяющая способность, вязкость, плотность, температуропроводность, диэлектрическая проницаемость (Снакин и др., 1997; Трофимов, Караванова, 2009). Имеются сведения (Долгов, 1943; Полубесова, Понизовский, 1987; Снакин и др., 1997) о том, что плёночная влага является своеобразным почвенным буфером от воздействия внешних факторов. Например, при увеличении концентрации часть солей переходит в капиллярную форму влаги, что препятствует увеличению концентрации, и наоборот. При иссушении почвы часть связанной воды также переходит в капиллярную воду и наоборот.

Таким образом, плёночная вода, находясь в порах малого диаметра, малоподвижна, недоступна растениям и обладает особыми физическими свойствами, что делает эту категорию влаги менее информативной для изучения почвы.

Капиллярная, поровая или свободная (по терминологии разных авторов) вода в наибольшей степени доступна растениям и является основной частью жидкой фазы почв (Снакин и др., 1997; Тимофеева, 2010). Она более стабильна и близка к квазиравновесному состоянию, чем гравитационная вода, и, следовательно, более информативна для изучения специфических свойств соответствующих почвенных горизонтов. В капиллярной воде протекает большинство процессов растворения и преобразования химических веществ, откуда они поступают в растения. Она также представляет собой основную среду обитания почвенных бактерий и архей. Чаще всего исследователи именно с этой формой влаги связывают понятие почвенного раствора (Раудина, 2015). Для отделения капиллярной влаги от твёрдой фазы почвы подходит большинство известных методов.

Важно добавить, что капиллярная влага, заполняющая поры разного размера, отличается по составу и концентрации. В целом, влага более крупных пор имеет меньшую минерализацию, чем влага мелких пор (Платонова, Шмыглая, 1986, Зайцева и др., 1997). Однако в мелких порах

относительное содержание отдельных химических элементов может быть заметно ниже, чем в крупных (Зайцева и др., 1996, Тимофеева, 2010).

В известных работах П.А. Крюкова и Н.А. Комаровой (Крюков, Комарова, 1954; Крюков, Комарова, 1956) проведены подробные исследования данных свойств и установлено, что естественная неоднородность раствора находится в зависимости от свойств поверхности твёрдых частиц, главным образом, от их гидрофильности, а так же от концентрации электролита. Чем ниже гидрофильность твёрдых частиц и выше минерализация почвенного раствора, тем менее выражена его неоднородность. Так для монтмориллонитовых глин неоднородность состава раствора практически не наблюдалась.

Гравитационная вода перемещается в почвенном профиле под действием силы тяжести и менее всего подвержена влиянию твёрдой фазы почвы. Она носит временный характер для почв нормального увлажнения (во время весеннего снеготаяния, осадков или полива). С гравитационной влагой часто связывают лизиметрические воды, изучение которых весьма интересно с точки зрения перемещения веществ в почвенной толще (Снакин и др., 1997; Шеин, Девин, 2007; El-Farhane et al., 2000; Bunde et al., 2001). Известно, что до 73 % поступившей влаги передвигается по порам крупнее 1 мм и что большая часть воды (после дождя), перемещаясь по почве, не взаимодействует с почвенными частицами (Шеин, 2005).

Хотя капиллярные и гравитационные воды по составу генетически близки, тем не менее есть различия, обусловленные следующими причинами: во-первых, отсутствует некоторое равновесие между гравитационной влагой и твёрдой фазой почвы в силу их временного характера; во-вторых, лизиметрические воды весьма подвержены влиянию выпавших осадков (Снакин и др., 1997). В большинстве случаев эта форма влаги менее концентрирована, чем капиллярная, однако есть исключения. Исследователи отмечают в гравитационной влаге, в отличие от почвенных растворов, более высокое содержание гидрокарбонат-иона (Самойлова, Демкин, 1976), калия и углерода (Евдокимова, Первова, 1977), а также повышенный уровень pH, особенно в летне-осенний период (Снакин и др., 1997). На различия в химическом составе капиллярных и лизиметрических вод влияют погодно-климатические условия, сезон наблюдений, тип почвы (Тимофеева, 2010), потребность растений в определенных химических элементах (Белоусова, 1974), а также физическая и химическая гетерогенность порового пространства (Тимофеева, 2010). Так, в почвах лёгкого механического состава и низкой ёмкости поглощения наблюдается сходство в составе капиллярной и гравитационной влаги (Евдокимова, Первова, 1977).

Говоря о методах изучения почвенных растворов, необходимо отметить наличие немалых теоритических и методологических трудностей. И основная трудность, высказанная ещё К.К. Гедройцем, состоит в том, что «все попытки выделить неизменный почвенный раствор из почвы при сравнительно малом проценте её влажности останутся бесплодными, так как без применения значительного усилия это невозможно: жидкость в почве удерживается молекулярными силами, достигающими значительной величины» (Гедройц, 1955, с. 11). Тем не менее в настоящее время эти трудности во многом преодолены и сочетание существующих методов дает возможность получить почвенный раствор из любой почвы.

Первая попытка прямого отделения почвенного раствора была осуществлена Соссюром ещё в 1804 году. Т. Шлезинг в 1866 году предложил вытеснить почвенный раствор жидкостью и в качестве вытеснителя использовал воду (Комарова, 1956). Недостаточная полнота вытеснения, а так же невозможность точного определения границ вытекающего почвенного раствора способствовали поиску другого вытеснителя, в роли которого В.И. Ищерековым был рекомендован этиловый спирт. В дальнейшем методика вытеснения почвенного раствора этиловым спиртом была модифицирована Н.А. Комаровой (1956).

На сегодняшний день для изучения жидкой фазы почв применяют различные методы, которые условно можно поделить на четыре группы и классифицировать следующим образом:

- 1) методы имитации почвенного раствора (приготовление водных вытяжек и почвенных паст);
- 2) выделение раствора из почв в сравнительно неизменном виде (вытеснение жидкостью, центрифугирование, опрессовывание, вытеснение давлением инертного газа);
- 3) лизиметрические методы;
- 4) непосредственные полевые измерения жидкой фазы почв (ионометрия, кондуктометрия).

**Методы первой группы** являются исторически самыми ранними. Метод водной вытяжки был описан И.И. Комовым ещё в 1788 году (цит. по: Аринушкина, 1970). Его широко стали

применять в почвенных исследованиях с конца XIX века и практически в неизменном виде применяют по сей день. Метод основан на извлечении раствора путем добавления к почве большого количества воды. Традиционно в России применяется соотношение почва:вода, равное 1:5. Данные, полученные таким путем, не дают представления об истинной концентрации солей в жидких фазах реальных почв, а лишь помогают оценить общее содержание легкорастворимых солей (Теория ... , 2006), так как происходит растворение твёрдых солей, а также интенсивно протекают реакции ионного обмена между получающимся раствором солей и катионами поглощающего комплекса почвы. В результате этих процессов ионный состав водной вытяжки деформируется настолько, что становится фактически несравнимым с составом почвенного раствора (Ковда 1946, 1947; Шаврыгин, 1947; Сеньков, 1991; Breslere et al., 1982).

В ряде других стран (в первую очередь в США) широкое применение получил метод насыщенных водой почвенных паст (saturated soil paste). Сущность метода заключается в том, что к почве добавляют наименьшее количество воды, которое позволяет получить фильтрат с помощью обычной техники (Теория ... , 2006).

Нарушение сложения почвы при подготовке образцов, высушивание и повторное увлажнение, короткое время взаимодействия почвы и влаги не отвечает реальным условиям формирования почвенных растворов (Тимофеева, 2010). Поэтому на сегодняшний день водные вытяжки используют (с рядом допущений) в основном для характеристики содержания легкорастворимых солей в почве и оценки засоления, а метод насыщенных водой почвенных паст (также с рядом допущений) позволяет оценить концентрацию солей в почвенных растворах (Теория ... , 2006).

**Вторая группа методов** основана на применении внешней силы к почвенному образцу для отделения жидкой фазы от твёрдых частиц (положительное или отрицательное давление, вытесняющая способность различных жидкостей). Технологически эти методы считаются самыми сложными (Смирнова, 2009; Тимофеева, 2010), но несмотря на это, получили большую популярность, так как совокупность методов этой группы позволяет выделить почвенные растворы из любой почвы. К тому же установлено, что растворы, полученные опрессовыванием, замещением спиртом и центрифугированием при естественной влажности почв, в наибольшей степени соответствуют понятию почвенного раствора (Шоба, Сеньков, 2011). Далее дана краткая характеристика каждого из этих методов.

**Получение раствора вытеснением замещающей жидкостью.** Как отмечено выше, впервые данный метод был предложен Шлезенгом в середине XIX века. Опыты осуществляли в цилиндрических ёмкостях, наполненных песком и почвой, а в роли вытесняющей жидкости использовали воду. Для песка были получены удовлетворительные результаты, но из почвы основная часть раствора выделилась в смеси с вытеснителем (Комарова, 1968).

Воду в качестве вытеснителя почвенного раствора применяли и в США, начиная с работ Дж. Бэрда и Дж. Мартина (Burd, Martin, 1923). А их соотечественники Конрад, Пробстинг и Маккинн, а так же Вайт и Росс технически усовершенствовали этот метод тем, что замещение раствора водой осуществляли под давлением воздуха 3,5 атм. в специальных установках (цит. по: Крюков, 1971). Существенным недостатком этого метода являлась необходимость искусственно увлажнять почвенные образцы до 75 % от полной влагоёмкости почвы.

Значительно улучшил методику вытеснения почвенных растворов замещением в 1907 году русский исследователь В.И. Ищереков, предложив в качестве вытеснителя этиловый спирт. Вытеснение проводили в стеклянной трубке, куда поверх почвы наливали спирт, который при перемещении вниз производил замещение раствора. Однако метод В.И. Ищерекова рядом учёных был встречен отрицательно, поскольку они полагали, что метод применим лишь при сильном увлажнении (Крюков, 1971). Но впоследствии Н.А. Комарова модифицировала этот метод, что дало ей возможность выделения растворов из солонцов при их естественной влажности, то есть в одном из наиболее трудных случаев получения почвенных растворов. Результаты, полученные таким образом, сходны с результатами, полученными методом отпрессовывания почвенных растворов (Кизилова, 1955; Комарова, 1968), а также лизиметрическими исследованиями тех же почв (Первова, Евдокимова, 1984). Недостатком данного метода является вероятность искажения раствора в процессе замешивания почвы с песком.

Необходимо отметить, что были попытки использовать в качестве замещающей жидкости вазелиновое масло, эпоксидную жидкость, а так же ацетон, бензин, керосин и др., которые в целом не дали положительного результата. Н.А. Комарова установила, что только диоксан более

эффективен в вытеснении растворов, чем этиловый спирт, но различие между ними мало; кроме того, применение диоксиана нежелательно в силу его токсичности (Крюков, 1971).

**Выделение почвенных растворов методом центрифугирования.** Первая попытка использовать центрифугирование для получения почвенных растворов имела место в самых ранних работах по исследованию почвенной влаги (Briggs, McLane, 1903). Несмотря на это, очень долгое время этот метод практически не применяли, главным образом по причине отсутствия мощных и удобных в эксплуатации центрифуг. В настоящее время данный метод выделения почвенных растворов получил широкое распространение, особенно в зарубежной практике (Gloaguene et al., 2009; Souza et al., 2013; Somavillae et al., 2017). Применение мощных центрифуг существенно расширило возможности этого метода.

К достоинствам центрифугирования относится возможность быстрого (в течение 20 минут) выделения раствора из почвенного образца даже при естественной влажности. К недостаткам – неэффективность в работе с гидрофильными объектами, такими как солонцовый горизонт, силикагель, бентонит, в силу большого процента остаточной влажности. Для исследования таких объектов необходимо предварительно смешивать почвенные образцы с кварцевым песком и вести процесс центрифугирования в течение более продолжительного времени (Комарова, 1968), что может являться причиной изменения состава почвенного раствора, как и в предыдущем методе.

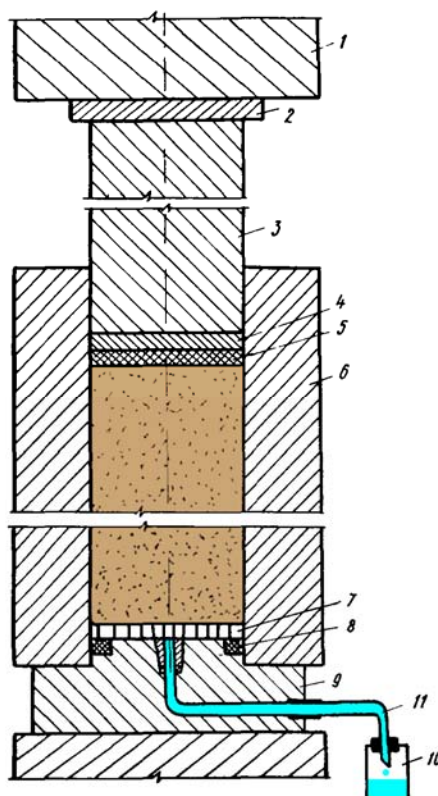
**Выделение раствора методом отпрессовывания.** Метод прямого давления для отделения почвенного раствора кажется наиболее простым. Впервые данный метод был описан в работе Сосюра в 1804 году. Более века спустя, в 1916 году Ван Циль, а так же Раманн, Мерц и Бауер получали почвенный раствор с помощью давления гидравлического пресса. В экспериментах Ван Цилия давление не превышало  $30 \text{ кг/см}^2$ , а Раманн, Мерц и Бауер увеличили давление до  $300 \text{ кг/см}^2$ . Чуть позже исследователь Липман, используя метод отпрессовывания достиг давления в  $3729 \text{ кг/см}^2$  (цит. по: Комарова, 1968).

В 1922 году М.С. Кузьмин отжимал почвенные растворы, применяя одновременно давление пресса и отсасывание. Почвенные образец помещали в специальную установку, которая позволяла, с одной стороны, оказывать давление на почву, а с другой – осуществлять отсасывание раствора. Раствор отсасывался в пористую ёмкость, находившуюся внутри сосуда с почвой. В дальнейшем эту установку не применяли ввиду сложной конструкции. Не получил дальнейшего использования и метод отжимания почвенных растворов винтовым прессом, которым пользовался Н.С. Цыганок (1940) для изучения растворов солончаковых почв.

Все перечисленные выше варианты отпрессовывания почвенных растворов в дальнейшем при исследовании почв не использовали. Чтобы сделать метод отпрессовывания доступным и широко используемым потребовалась сложная и длительная работа. Большое влияние на разработку метода оказали работы П.А. Крюкова (1941; 1947). Предложенный им метод отпрессовывания почвенных растворов лишён недостатков, встречающихся в работах его предшественников. В процессе исследований были разработаны приборы простой конструкции, позволяющие выдавливать раствор из почв, илов и горных пород при их естественной влажности. Устройство приборов (рис. 2) обеспечивало условие полной герметичности и тем самым исключало потери раствора при выделении (цит. по: Комарова, 1968).

Крюковым П.А. предложено несколько разных модификаций приборов, позволяющих проводить исследования в широком диапазоне давления от 1 до  $20000 \text{ кг/см}^2$ . Для отделения капиллярной влаги от почвенного образца нет необходимости прибегать к столь высокому давлению; для этого достаточно давления, создаваемого гидравлическим прессом невысокой мощности, позволяющим вести работы при давлении до  $1000 \text{ кг/см}^2$ , а именно в интервале, который обычно используют для выделения почвенных растворов.

Несмотря на то, что метод отпрессовывания является технологически сложным, он незаменим в изучении растворов почв с низкой естественной влажностью, таких как солонцы и черноземы южные (Сеньков, 2004; Славный, 2005; Сеньков, Попов, 2017; Попов, 2019).



**Рисунок 2.** Схема для отпрессовывания почвенных растворов.

1 – площадка пресса; 2 – стальная прокладка; 3 – поршень; 4 – эбонитовый диск; 5 – резиновая прокладка; 6 – цилиндр; 7 – поршень; 8 – резиновое кольцо; 9 – поддонник; 10 – приёмник; 11 – трубка для стока раствора.

Составлено по: (Крюков, 1947).

**Третья группа**, так называемые лизиметрические методы, довольно широко распространена в практике почвенных и геохимических исследований (Prunier et al., 2015; Pierret et al., 2018; Chabaux et al., 2019). Лизиметры устанавливают непосредственно под каждый из генетических горизонтов почвы в естественных условиях. Существует множество конструкций, но по принципу действия лизиметры делят на два вида: гравитационные и вакуумные. Гравитационные лизиметры (рис. 3) собирают влагу, которая фильтруется сквозь почвенную толщу под действием гравитационных сил и не удерживается капиллярными силами. Однако гравитационная вода, как было сказано выше, не достигает состояния равновесия с твёрдой фазой. Поэтому исследование таких растворов представляет интерес не столько с точки зрения свойств и генетических особенностей почвы, сколько при изучении миграции веществ по почвенному профилю. Помимо этого выделяют следующие недостатки: невозможность сбора раствора при влажности почвы меньше предельно-полевой влагоёмкости; изменение водного баланса почвы вследствие установки лизиметра; возможное изменение химического состава растворов по причине длительного нахождения в пробоотборнике (Скрынникова, 1977; Тимофеева, 2010).

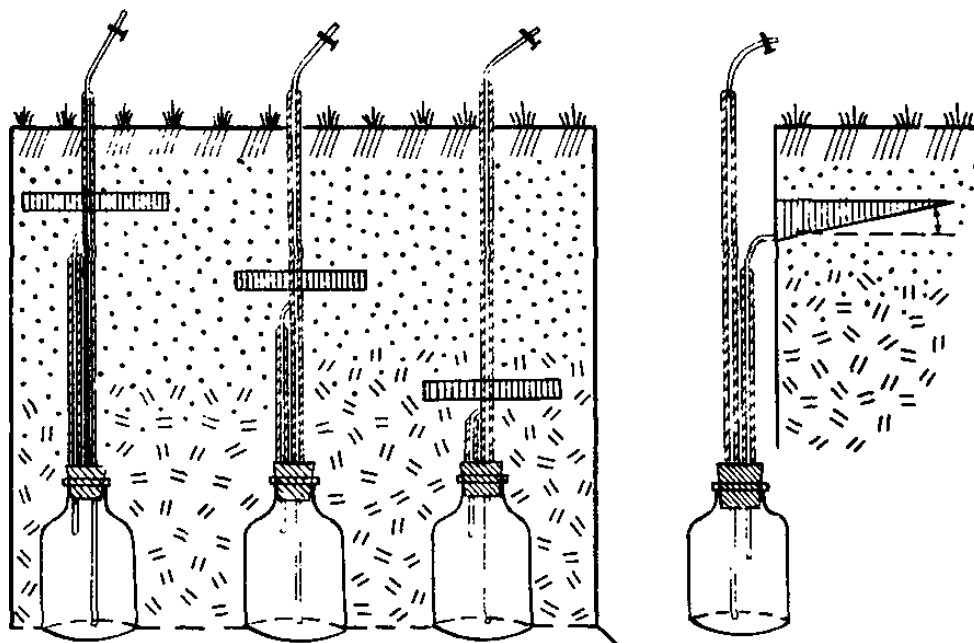


Рисунок 3. Схема устройства лизиметров конструкции Е.И. Шиловой (Почвоведение, 1988).

Вакуумный лизиметр (рис. 4) представляет собой пробоотборник в виде симметричного цилиндра, состоящий из пористого материала. В цилиндре создают отрицательное давление, и просочившийся через поры стенок почвенный раствор откачивают по силиконовым трубкам в сборник. Такие лизиметры позволяют собирать не только гравитационную, но и капиллярную влагу, которая наиболее информативна для изучения свойств почвы. Основными недостатками вакуумных лизиметров являются невозможность получения растворов в сухие летние периоды, забивание пор в процессе отбора, возможное влияние материала пробоотборника на химический состав почвенного раствора (Nagpal, 1982; Малинина, Мотузова, 1994), захват малого объема почвы и, как следствие, вероятность получить нерепрезентативные результаты (Grossmann, Udluft, 1991).

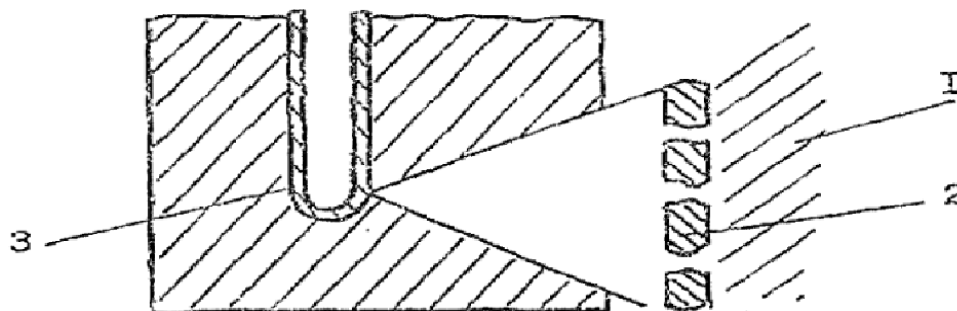
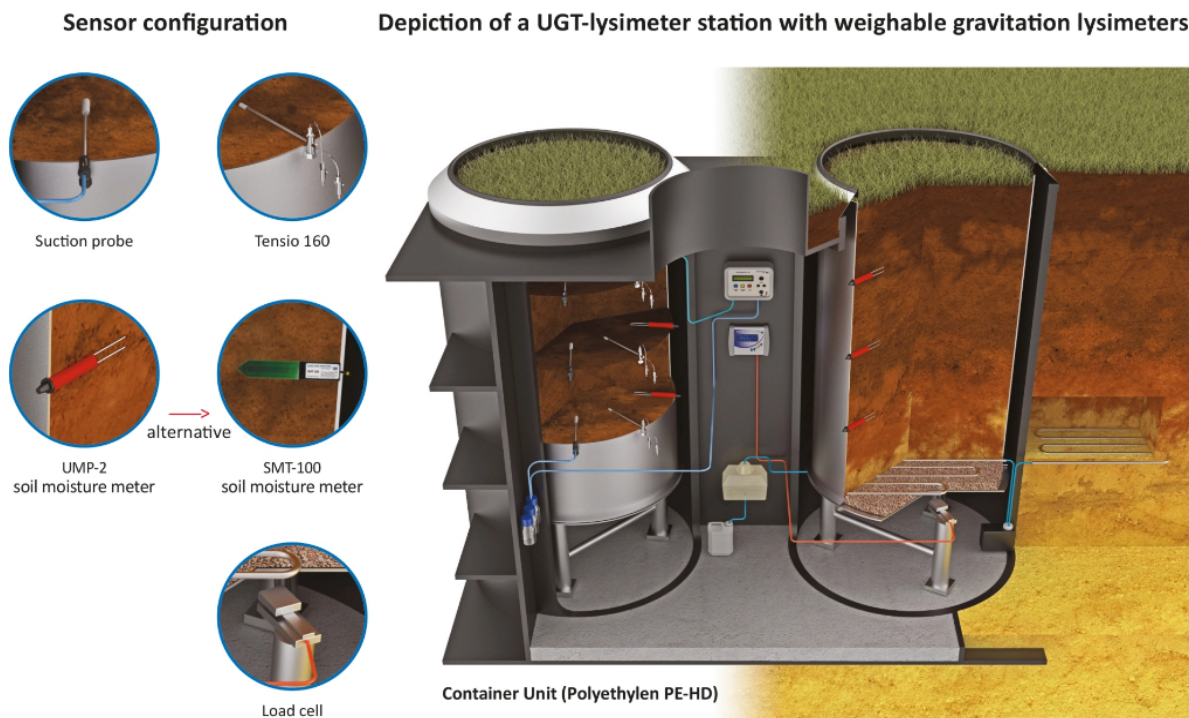


Рисунок 4. Схема отбора почвенного раствора вакуумным лизиметром: 1 – почва; 2 – стенка лизиметра; 3 – лизиметр из пористого материала (Скрынникова, 1977).

Значительный вклад в исследование жидкой фазы почв с помощью лизиметров внесли такие учёные, как Е.И. Шилова, И.Н. Скрынникова, И.С. Кауричев, И.М. Гаджиев, В.В. Пономаренко и др.

К четвёртой группе методов относятся полевые измерения жидкой фазы почв *in situ* с помощью ионоселективных электродов (рис. 5). Несмотря на то, что перед измерением *in situ* почвенный раствор, как правило, необходимо отделить от твёрдой фазы (чаще всего методами лизиметрии), данная группа методов имеет свои теоретические и методические особенности. Впервые анализ жидкой фазы почв с применением электродов для определения легкорастворимых солей в почве был описан ещё в 1897 году исследователями Whitney M. и Means T.H. (цит. по: Снакин, 1997). Однако данный метод не завоевал популярности у современников, как и метод прямого определения концентрации солей по температуре замерзания почвы, предложенный учёными Vouyoncos и McCool в 1915 году (цит. по: Снакин, 1997).



**Рисунок 5.** Схема лизиметрической станции с ионоселективными электродами (Источник: <https://memecosales.com/products/soil-science/lysimeters-station/>) .

Задолго до появления первого ионоселективного электрода уже определяли окислительно-восстановительный потенциал и активность ионов водорода непосредственно в почвенных суспензиях и пастах (Трофимов, 1931). С производством и развитием ионоселективных электродов стало расти число исследователей, прибегавших к ионометрии. Данный метод является самым перспективным в исследовании жидкой фазы почв. Он отличается простотой, экспрессностью, возможностью непосредственного определения ионных активностей. Вместе с тем до сих пор у метода ионометрии существует ряд недостатков, которые ещё только предстоит преодолеть. Теоритические трудности связывают (Понизовский, Киселёв, 1989) прежде всего с понятиями активности отдельных ионов, селективности ионоселективных электродов, суспензионным эффектом, а так же с влиянием влажности и газовой фазы (неполный контакт электрода с почвой) на ионометрические измерения. К методическим трудностям измерения жидкой фазы почв *in situ* в полевых условиях относят метеорологические условия, такие как низкая температура и осадки, которые могут оказаться неприемлемыми для исследований; микронеоднородность почвы, что искажает измерения; наличие в некоторых случаях существенного температурного градиента электродов, который сильно усложняет температурную компенсацию, и др. (Снакин и др., 1997).

Из краткой характеристики методов изучения почвенных растворов следует, что все имеющиеся на сегодняшний день способы имеют свои достоинства и недостатки. Выбор определенного метода обуславливается техническими возможностями и целями исследования. На наш взгляд, при учете засоленных почв и при определении общих запасов солей в почве целесообразнее использовать методы первой группы (водные вытяжки и почвенные пасты). Но в генетических и галогеохимических почвенных исследованиях, невзирая на большую трудоёмкость выделения и анализа, приоритет необходимо отдавать изучению почвенных растворов естественной влажности. При этом в почвах с низкой влажностью более подходят методы центрифугирования, отпрессовывания и вытеснения замещающей жидкостью, тогда как для остальных почв хорошо зарекомендовали себя методы лизиметрии.

При изучении почвенных растворов исследователь также должен понимать, с какой именно категорией почвенной влаги он работает. Каждая категория влаги в почве обладает специфическими особенностями, включая особенности химического состава и пространственную неоднородность почвенного раствора. Если пленочная влага является своеобразным почвенным



буфером от влияния внешних факторов, а гравитационная прежде всего отвечает за перераспределение веществ по почвенному профилю, то посредством капиллярной воды происходит большая часть процессов растворения и преобразования веществ, а так же осуществляется питание растений. По объёму, по содержанию солей и по информативности для изучения специфических свойств почвенного профиля ключевое место среди составляющих жидкой фазы почвы принадлежит капиллярной влаге.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках государственного задания ИПА СО РАН АААА-А17-117030110077-4.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина Е.В. *Руководство по химическому анализу почв*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
2. Белоусова Н.И. Роль миграции водорастворимых веществ, в формировании подзолистых Al-Fe-гумусовых почв (по данным лизиметрических исследований) // *Почвоведение*. 1974. № 12. С.54-70.
3. Возбуждая А.Е. *Химия почв*. М.: Высшая школа, 1968. 428 с.
4. Гедройц К.К. *Избранные труды*. М.: Наука, 1975. 650 с.
5. Долгов С.И. О связанной и капиллярной воде в почве // *Почвоведение*. 1943. № 9-10. С. 24-28.
6. Евдокимова Т.И., Первова Н.Е. Сезонная динамика состава лизиметрических вод и почвенных растворов под разными типами лесной растительности на территории Звенигородской биологической станции // *Тез. докл. V Делег. съезда Всесоюзного общества почвоведов*. Минск, 1977. Вып. 5. С. 5-6.
7. Зайцева Р.И., Минашина Н.Г., Судницын И.И. Изменение состава и концентрации растворов сульфата натрия в почвенных порах // *Почвоведение*. 1996. №7. С. 833-838.
8. Зайцева Р.И., Минашина Н.Г., Судницын И.И. Концентрация растворов хлористого натрия в порах различного размера // *Почвоведение* 1997. № 3. С. 330-335.
9. Кизилова А.А. Почвенные растворы солончаков Мугано-Сальянской степи и мелиорирование почв Северной Мугани // *Тр. Почвенного ин-та АН СССР*. 1955. Т. 43. С. 141-255.
10. Ковда В.А. *Происхождение и режим засоленных почв*. М.: Изд-во АН СССР. 1946. Т.1. 573 с.
11. Комарова Н.А. Вытеснение почвенных растворов методом замещения жидкостями и использование метода в почвенных исследованиях // *Тр. Почв. ин-та*. 1956. Т.51, вып. 5. С. 5-97.
12. Крюков П.А. *Горные, почвенные и иловые растворы*. Новосибирск: Наука. 1971. 220 с.
13. Крюков П.А. *Методы выделения почвенных растворов*. Руководство для полевых и лабораторных исследований почв. Т.4. Современные методы физико-химических исследований почв. Вып. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1947. С. 3.
14. Крюков П.А., Комарова Н.А. Исследование растворов почв, илов и горных пород // *Докл. VI Междунар. конгр. почвоведов*. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 151-169.
15. Малинина М.С., Мотузова Г.В. Методы получения почвенных растворов при почвенно-химическом мониторинге // *Физические и химические методы исследования почв*: Сб. науч. тр. / Под ред. А.Д. Воронина и Д.С. Орлова. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 101-129.
16. Орлов Д. С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И., Трофимов С.Я. *Биосфера: загрязнение, деградация, охрана. Краткий толковый словарь*. Высшая школа, Москва, 2005. 125 с.
17. Орлов Д.С. *Химия почв*. М.: МГУ, 1985. 376 с.
18. Первова Н.Е., Евдокимова Т.И. Состав почвенных растворов в подзоне южной тайги // *Почвоведение*. 1984. № 1. С. 32-39.
19. Платонова Т.К., Шмыглая Л.Н. Дифференциальная пористость и фракционный состав поровых растворов темно-каштановых почв низкой Сыртовой равнины // *Почвоведение*. 1986. № 6. С. 98-102.
20. Полубесова Т.А., Понизовский А.А. Режим и режимобразующие факторы содержания не растворяющей влаги в серой лесной почве сельскохозяйственного использования // *Комплексное изучение продуктивности агроценозов*. Пуццо: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1987. С. 77-85.
21. Понизовский А.А., Киселёв Г.Г. Об интерпретации результатов ионометрического анализа почв // *Почвоведение*. 1989. № 6. С. 25-38.
22. Попов В.В. *Зональные изменения почвенных растворов солонцовых почв Ишимской равнины*: диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Новосибирск, 2019. 177 с.
23. *Почвоведение*. Учеб. для ун-тов. В 2 ч. /Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. Ч. 1. Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. М.: Выш. шк., 1988. 400 с.: ил.
24. Раудина Т.В. Почвенный раствор: от классических представлений к современным понятиям // *Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове*: сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения и экологии почв ТГУ (7–11 сентября 2015 г., г. Томск, Россия). Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. С. 87-93.
25. Роде А.А. *Основы учения о почвенной влаге*. Т. 1. Водные свойства почв и передвижение почвенной влаги. М.: Наука. 1965. 664 с.

26. Самойлова Е.М., Демкин В.А. О составе различных фракций почвенного раствора // *Почвоведение*. 1976. № 11. С. 24-27.
27. Сеньков А.А. Галогенез степных почв (на примере Ишимской равнины). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 152 с.
28. Сеньков А.А. Ионно-солевой состав почвенных растворов и водных вытяжек // *Почвообразование и антропогенез: структурно-функциональные аспекты*. Новосибирск: Наука, 1991. С. 156-167.
29. Сеньков, А.А., Попов В.В. Генезис солевого профиля солонцовых почв юга Ишимской равнины // *Вестник НГАУ*. 2017. №1. С. 107-115.
30. Скрынникова И.Н. Методы исследования химического состава жидкой фазы почв // *Методы стационарного изучения почв*. М.: Наука 1977. С. 3-40.
31. Славный Ю.А. Эоловое соленакопление в почвах автономных ландшафтов засушливых зон // *Почвоведение*. 2005. № 4. С. 389-397.
32. Снакин В.В., Присяжная А.А., Рухович О.В. *Состав жидкой фазы почвы*. М.: РЭФИА, 1997. 146 с.
33. Сухоробный А.А. Поровые растворы зоны аэрации южных степных районов Украины // *Геологический журнал*. 2013. №4. С. 63-72. doi: [10.30836/igs.1025-6814.2013.4.139166](https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2013.4.139166)
34. Теория и практика химического анализа почв. Под редакцией Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
35. Тимофеева Е.А. *Неоднородность химического состава жидкой фазы основных типов почв ЦЛГПБЗ: Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника*: диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук. Москва, 2010. 184 с.
36. Трофимов А.В. Реакция почвы (рН) как функция влажности и концентрации почвенного раствора // *Почвоведение*. 1931. №21. С. 5-45.
37. Трофимов С.Я., Караванова Е.И. *Жидкая фаза почв: учебное пособие по некоторым главам курса химии почв*. Москва: «Университетская книга», 2009. 111 с.
38. Шаврыгин П.И. Соотношение между почвенными растворами и водными вытяжками в засоленных почвах // *Почвоведение* 1947. № 3. С. 172-177.
39. Шеин Е.В. *Курс физики почв*. М.: МГУ, 2005. 432 с.
40. Шеин Е.В., Девин Б.А. Современные проблемы изучения коллоидного транспорта в почве // *Почвоведение* 2007. № 4. С. 438-449.
41. Шоба В.Н., Сеньков А.А. Равновесный состав и свойства растворов почв // *Почвоведение*. 2011. № 10. С.1168-1177.
42. Bonito M.D. *Trace elements in soil pore water: a comparison of sampling methods*. Theses of PhD, University of Nottingham. England, 2005. 298 p.
43. Bresler E., McNeal B. L., Carter D. L. *Saline and Sodic Soils: Principles-Dynamics-Modeling*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1982, 236 p. doi: [10.1007/978-3-642-68324-4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68324-4)
44. Briggs L., McLane J. The chemistry of the soil as related to crop production // *Bur. Soils U.S. Dep. of Agric. Bull.* 1903. №22, 16.
45. Bund M., Zimmermann S., Blaser P., Hagedorn F. Sorption and transport of metals in preferential flow paths and soil matrix after the addition of wood ash // *European Journal of Soil Science*. 2001. Vol.52. № 3. P. 423-431. doi: [10.1046/j.1365-2389.2001.00405.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2001.00405.x)
46. Burd J. S., Martin J. C. Water displacement of soils and the soil solution // *J. Agr. Sci.* 1923. №13. P. 265-295.
47. Chabaux F., Stille P., Prunier J. et al. Plant-soil-water interactions: Implications from U-Th-Ra isotope analysis in soils, soil solutions and vegetation (Strengbach CZO, France) // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2019. Vol. 259. P.188-210. doi: [10.1016/j.gca.2019.05.045](https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.05.045)
48. El-Farhan Y.H., Novio de N.M., Herman J.S., Hornberger G.M. Mobilization and transport of soil particles during infiltration experiments in and agricultural field. Shenandoah Valley, Virginia // *Environ. Sci. Technol.*, 2000. Vol. 34. No17. P. 3555-3559. doi: [10.1021/es991099g](https://doi.org/10.1021/es991099g)
49. Gloaguen, T.V., Pereira F.A C., Gonçalves R.A.B., Paz V.S. Sistema de extração seqüencial da solução na macro e microporosidade do solo // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2009. Vol. 13. No5. P. 544-550. (in Portuguese). doi: [10.1590/S1415-43662009000500006](https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000500006)
50. Grossmann J., Udluft P. The extraction of soil water by the suction cup method: a review // *European journal of Soil Science*. 1991. Vol.42. No1. P. 83-93. doi: [10.1111/j.1365-2389.1991.tb00093.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1991.tb00093.x)
51. Nagpal N.K. Comparison among and evaluation of ceramic porous cup soil water sampler for nutrient transport studies // *Canadian Journal of Soil Science*. 1982. Vol. 62. No4. P. 685-694. doi: [10.4141/cjss82-075](https://doi.org/10.4141/cjss82-075)
52. Pierret M. C., Cotel S., Ackerer P. et al. The Strengbach Catchment: a multidisciplinary environmental sentry for 30 years // *Vadose Zone Journal*. 2018. Vol.17. No1. P.1-17. doi: [10.2136/vzj2018.04.0090](https://doi.org/10.2136/vzj2018.04.0090)
53. Prunier J., Chabaux F., Stille P. et al. Geochemical and isotopic (Sr, U) monitoring of soil solutions from the Strengbach catchment (Vosges mountains, France): Evidence for recent weathering evolution // *Chem. Geol.* 2015. Vol. 417. P. 289-305. doi: [10.1016/j.chemgeo.2015.10.012](https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.10.012)
54. Somavilla A., Dessbesell A., Santos D. Centrifugation methodology to extract soil solution // *Scientia Agraria*. 2017. Vol. 18. No3. P. 44-47. doi: [10.5380/rsa.v18i3.52805](https://doi.org/10.5380/rsa.v18i3.52805)

55. Souza E.R., Melo H.F., Almeida B.G., Melo D.V.M. Comparação de métodos de extração da solução do solo // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2013. Vol. 17. No5. P. 510-517. doi: [10.1590/S1415-43662013000500007](https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500007)

Поступила в редакцию 28.02.2020

Принята 03.06.2020

Опубликована 04.06.2020

#### Сведения об авторах:

**Попов Владимир Викторович** – младший научный сотрудник лаборатории географии и генезиса почв Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [popov@issa-siberia.ru](mailto:popov@issa-siberia.ru)

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## SOIL SOLUTION AND METHODS OF ITS INVESTIGATION

© 2020 V.V. Popov

Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: [popov@issa-siberia.ru](mailto:popov@issa-siberia.ru)

The article describes main categories of soil moisture (hygroscopic, capillary, and gravitational, providing their brief characteristics, and discusses the main advantages and disadvantages of the methods that are currently used to study the liquid phase of soils, such as using water extracts and saturated pastes, displacing soil solution with a substitute liquid, pressing, centrifugation, lysimetry and studying soil liquid phase in situ.

**Key words:** soil liquid phase; pore solution; hygroscopic water; capillary water; gravitational water

**How to cite:** Popov V.V. Soil solution and methods of its investigation // *The Journal of Soils and Environment*. 2020. 3(1). e106. doi: [10.31251/pos.v3i1.106](https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.106) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

1. Arinushkina E.V. *Manual of methods for soil chemical analysis*. Moscow: Moscow University Publishing House, 1970, 487 p. (in Russian)
2. Belousova N. I. The role of water-soluble substance migration in the formation of podzolic Al-Fe-humus soils (according to lysimetric data). *Pochvovedenie*, 1974, No12, p. 54-70. (in Russian)
3. Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Sukhanova N.I., Trofimov S.Ya. *Biosphere: pollution, degradation, protection. Brief Explanatory Dictionary*. Moscow: Higher School Publ., 2005, 125 p. (in Russian)
4. Vozbutskaya A.E. *Soil chemistry*. Moscow: Higher School Publ., 1968, 428 p. (in Russian)
5. Gedroits K. K. *Selected Works*. Moscow: Nauka Publ., 1975, 650 p. (in Russian)
6. Dolgov S.I. About bound and capillary water in the soil. *Pochvovedenie*, 1943, No 9-10, p. 24-28. (in Russian)
7. Evdokimova T.I. Pervova N.E. Seasonal dynamics of the composition of lysimetric waters and soil solutions under different types of forest vegetation on the territory of the Zvenigorod Biological Station. In book: *Abstracts of the V<sup>th</sup> Congress of Society of Soil Scientists of the Soviet Union, Minsk, 1977, Issue. 5, p. 5-6*. (in Russian)
8. Zaitseva R.I., Minashina N.G., Sudnitsyn I.I. Changes in the Composition and Concentration of Sodium Sulphate Solutions in Voids. *Pochvovedenie*, 1996, No7, p. 833-838. (in Russian)
9. Zaitseva R.I., Minashina N.G., Sudnitsyn I.I. Concentration of Sodium Chloride Solutions in Pores of Various Size. *Pochvovedenie*, 1997, No3, p. 284-289. (in Russian)
10. Kizilova A.A. Soil solutions of solonchaks of the Mugan-Salyan steppe and soil amelioration of Northern Mugan. In book: *Transactions of Soil Institute of the USSR Academy of Sciences, 1955, Vol. 43, p. 141-255*. (in Russian)
11. Kovda V.A. *The origin and regime of saline soils*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1946, Vol. 1, 573 p. (in Russian)
12. Komarova N.A. The displacement of soil solutions by the method of fluid replacement and the use of the method in soil research. In book: *Transactions of Soil Institute of the USSR Academy of Sciences, 1956, Vol. 51, No. 5, p. 5-97*. (in Russian)
13. Kryukov P.A. *Mountain, soil and silt solutions*. Novosibirsk: Nauka Publ., 1971, 220 p. (in Russian)

14. Kryukov P.A. Methods for isolating soil solutions. Guide for field and laboratory soil studies. *Modern methods of physicochemical soil research*. Vol. 4. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1947, p. 3. (in Russian)
15. Kryukov P.A., Komarova N.A. Study of solutions of soils, silts and rocks. In book: *Reports of the VI<sup>th</sup> Intern. Congr. of Soil Scientists*. Moscow: The Academy of Sciences of the USSR Publ., 1956, p. 151-169. (in Russian)
16. Malinina M.S., Motuzova G.V. Methods of obtaining soil solutions in soil-chemical monitoring. Physical and chemical methods of soil research. In book: *Physical and chemical methods of soil research*. Collection of Scientific papers. Ed. A. D. Voronin and D. S. Orlova, Moscow: Moscow State University Publ., 1994, p. 101-129. (in Russian)
17. Orlov D. S. *Soil chemistry*. Moscow: Moscow State University Publ., 1985, 376 p. (in Russian)
18. Pervova N.E., Evdokimova T.I. The composition of soil solutions in the subzone of the southern taiga. *Pochvovedenie*, 1984, No1, P. 32-39. (in Russian)
19. Platonova T. K., Shmyglya L.N. Differential porosity and fractional composition of void solutions in the dark chestnut soils of the low Syrt plain. *Pochvovedenie*, 1986, No 6, P. 98-102. (in Russian)
20. Polubesova T.A., Ponizovsky A. A. Mode and regime-forming factors of the content of insoluble moisture in the gray forest soil of agricultural use. In book: *Comprehensive study of the productivity of agrocenoses*. Pushchino, Academy of Sciences of the USSR, 1987, p. 77-85. (in Russian)
21. Ponizovsky A.A., Kiselev G.G. On the interpretation of the results of ionometric analysis of soils. *Pochvovedenie*, 1989, No 6, P. 25-38. (in Russian)
22. Popov V.V. *Zonal changes in soil solutions of solonetz soils of the Ishim plain*. Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. in Biology. Novosibirsk, 2019, 177 p. (in Russian)
23. *Soil Science*. Textbook for university students. Ed. V.A. Kovdy, B.G. Rozanova. Part 1. Soil and soil formation. Moscow: Higher school, 1988, 400 p. (in Russian)
24. Raudina T.V. Soil solution: from classical notions to modern concepts. // Reflection of Bio-, Geo-, and Anthropospheric interactions in soils and soil cover: a collection of materials of the V<sup>th</sup> International Scientific Conference dedicated to the 85<sup>th</sup> anniversary of the Department of Soil Science and Soil Ecology of Tomsk State University (September 7–11, 2015, Tomsk, Russia). Tomsk: TSU Publishing House, 2015. p. 87-93. (in Russian)
25. Rode A.A. *Fundamentals of the doctrine of soil moisture. Vol. 1. Water properties of soils and soil moisture movement*. Moscow: Nauka Publ., 1965, 664 p. (in Russian)
26. Samoilova E.M., Demkin V.A. On the composition of various fractions of the soil solution. *Pochvovedenie*, 1976, No11, P. 24-27. (in Russian)
27. Senkov A.A. *Halogenesis of steppe soils (on the example of the Ishim plain)*. Novosibirsk, Publishing House of the SB RAS, 2004, 152 p. (in Russian)
28. Senkov A.A. Ion-salt composition of soil solutions and aqueous extracts. In book: *Soil formation and anthropogenesis: structural and functional aspects*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1991, P. 156-167. (in Russian)
29. Senkov A.A., Popov V.V. Development of saline profile of solonetz soil in the south of Ishim plain. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*, 2017, No. 1, P. 107-115. (in Russian)
30. Skrynnikova I.N. Methods of studying the chemical composition of the liquid phase of soils. In book: *Methods of stationary study of soils*. Moscow: Nauka Publ., 1977, P. 3-40. (in Russian)
31. Slavnyi Yu. A. Eolian Accumulation of Salts in the Soils of Autonomous Landscapes of Arid Zones. *Pochvovedenie*, 2005, No4, p. 389-397. (in Russian)
32. Snakin V.V., Prisyazhnaya A.A., Rukhovich O.V. *The composition of the liquid phase of the soil*. Moscow: REFIA Publ., 1997, 146 p. (in Russian)
33. Sukhorebriy A.A. Poral aqueous solutions of the aeration zone in southern areas of the Steppe zone of Ukraine. *Geol. Journal*, 2013, No4, p. 63-72. (in Russian) doi: [10.30836/igs.1025-6814.2013.4.139166](https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2013.4.139166)
34. *Theory and practice chemical analysis of soils* / Ed. Vorobyova L.F. Moscow: GEOS, 2006, 400 p. (in Russian)
35. Timofeeva E.A. *Inhomogeneity of the chemical composition of the liquid phase of the main soil types of the Central Forest State Natural Biosphere Reserve*. Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. in Biology. Moscow, 2010, 184 p. (in Russian)
36. Trofimov A.V. Soil reaction (pH) as a function of moisture and soil solution concentration. *Pochvovedenie*, 1931, No21, p. 5-45. (in Russian)
37. Trofimov S.Ya., Karavanova E.I. *Soil Liquid Phase: A Study Guide for Some Chapters in Soil Chemistry*. Moscow: University Book Publ., 2009, 111 p. (in Russian)
38. Shavrygin P.I. The ratio between soil solutions and water extracts in saline soils. *Pochvovedenie*, 1947, No3, p. 172-177. (in Russian)
39. Shein E.V. *Soil physics course*. Moscow: Moscow State University Publ., 2005, 432 p. (in Russian)
40. Shein E.V., Devin B.A. Current Problems in the Study of Colloid Transport in Soil. *Pochvovedenie*, 2007, No4, p. 438-449. (in Russian)
41. Shoba B.N., Senkov A.A. The equilibrium composition and properties of soil solutions. *Pochvovedenie*, 2011, No10, p. 1168-1177. (in Russian)
42. Bonito M.D. *Trace elements in soil pore water: a comparison of sampling*. Methods. Theses of PhD, University of Nottingham, England 2005. 298 p.

43. Bresler E., McNeal B. L., Carter D. L. *Saline and Sodic Soils: Principles-Dynamics-Modeling*. Springer Berlin Heidelberg, 1982, 236 p. doi: [10.1007/978-3-642-68324-4](https://doi.org/10.1007/978-3-642-68324-4)
44. Briggs L., McLane J. The chemistry of the soil as related to crop production. *Bur. Soils U.S. Dep. of Agric. Bull.* 1903. No22, 16.
45. Bund M., Zimmermann S., Blaser P., Hagedorn F. Sorption and transport of metals in preferential flow paths and soil matrix after the addition of wood ash. *European Journal of Soil Science*, 2001, Vol.52, No3, p. 423-431. doi: [10.1046/j.1365-2389.2001.00405.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2001.00405.x)
46. Burd J. S., Martin J. C. Water displacement of soils and the soil solution. *J. Agr. Sci.*, 1923, No13, p. 265-295.
47. Chabaux F., Stille P., Prunier J. et al. Plant-soil-water interactions: Implications from U-Th-Ra isotope analysis in soils, soil solutions and vegetation (Strengbach CZO, France). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2019, Vol. 259, p.188-210. doi: [10.1016/j.gca.2019.05.045](https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.05.045)
48. El-Farhan Y.H., Novio de N.M., Herman J.S., Hornberger G.M. Mobilization and transport of soil particles during infiltration experiments in and agricultural field. Shenandoah Valley, Virginia. *Environ. Sci. Technol.*, 2000, Vol. 34, No17, p. 3555-3559. doi: [10.1021/es991099g](https://doi.org/10.1021/es991099g)
49. Gloaguen, T.V., Pereira F.A C., Gonçalves R.A.B., Paz V.S. Sistema de extração seqüencial da solução na macro e microporosidade do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2009, Vol. 13, No5, p. 544-550 (in Portuguese). doi: [10.1590/S1415-43662009000500006](https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000500006)
50. Grossmann J., Udluft P. The extraction of soil water by the suction cup method: a review. *European journal of Soil Science*, 1991, Vol.42, No1, p. 83-93. doi: [10.1111/j.1365-2389.1991.tb00093.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1991.tb00093.x)
51. Nagpal N.K. Comparison among and evaluation of ceramic porous cup soil water sampler for nutrient transport studies. *Canadian Journal of Soil Science*, 1982, Vol. 62, No4, p. 685-694. doi: [10.4141/cjss82-075](https://doi.org/10.4141/cjss82-075)
52. Pierret M. C., Cotel S., Ackerer P. et al. The Strengbach Catchment: a multidisciplinary environmental sentry for 30 years. *Vadose Zone Journal*, 2018, Vol.17, No1, p.1-17. doi: [10.2136/vzj2018.04.0090](https://doi.org/10.2136/vzj2018.04.0090)
53. Prunier J., Chabaux F., Stille P. et al. Geochemical and isotopic (Sr, U) monitoring of soil solutions from the Strengbach catchment (Vosges mountains, France): Evidence for recent weathering evolution. *Chem. Geol.* 2015. Vol. 417. P. 289-305. doi: [10.1016/j.chemgeo.2015.10.012](https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2015.10.012)
54. Somavilla A., Dessbesell A., Santos D. Centrifugation methodology to extract soil solution. *Scientia Agraria*, 2017, Vol. 18, No3., p. 44-47. doi: [10.5380/rsa.v18i3.52805](https://doi.org/10.5380/rsa.v18i3.52805)
55. Souza E.R., Melo H.F., Almeida B.G., Melo D.V.M. Comparação de métodos de extração da solução do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2013, Vol. 17, No5, p. 510-517. (in Portuguese). doi: [10.1590/S1415-43662013000500007](https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000500007)

Received 28 February 2020

Accepted 03 June 2020

Published 04 June 2020

#### About the author:

**Popov Vladimir Viktorovich** – Junior Researcher in the Laboratory of Soil Geography and Genesis in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [popov@issa-siberia.ru](mailto:popov@issa-siberia.ru)

*The author read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



## КЛЕВЕР ПАННОНСКИЙ (*TRIFOLIUM PANNONICUM* JACQ.) – ПЕРСПЕКТИВНАЯ КОРМОВАЯ КУЛЬТУРА И ФИТОМЕЛИОРАНТ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

© 2020 Т.В. Нечаева<sup>1</sup>, О.П. Якутина<sup>1</sup>, Е.В. Боголюбова<sup>2</sup>

Адрес: <sup>1</sup>ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru), [oyakutina@issa-siberia.ru](mailto:oyakutina@issa-siberia.ru)

<sup>2</sup>ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, 630501, Россия. E-mail: [elenabogolyubova@yandex.ru](mailto:elenabogolyubova@yandex.ru)

Цель исследования – представить обзор по общей характеристике и возделыванию клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) как кормовой культуры и фитомелиоранта в разных регионах России на основании литературных данных и собственных опытов.

Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – многолетнее бобовое травянистое растение с естественным ареалом распространения в странах Западной и Восточной Европы, северной части Балканского полуострова. Культура характеризуется хорошей приспособляемостью к новым эколого-географическим условиям, высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, стабильной урожайностью семян, слабой восприимчивостью к болезням и вредителям, продуктивным долголетием (10–15 лет), декоративностью. Корма из клевера паннонского (сено, сенаж и силос) получают отличного или хорошего качества. Эти достоинства открыли перспективу интродукции и использования клевера паннонского в разных регионах России, включая Средний Урал, Нечерноземную зону страны, Среднее Поволжье и юг Западной Сибири.

В России созданы и наиболее хорошо изучены три сорта клевера паннонского: Премьер (оригинаторы – Сибирский НИИ кормов и ЦСБС СО РАН, Новосибирск), Аник (Пензенская ГСХА), Снежок (Зональный НИИСХ Северо-Востока им Н.В. Рудницкого, Киров). Эти сорта занесены в государственный реестр по испытанию и охране селекционных достижений РФ, успешно зарекомендовали себя в кормопроизводстве и садово-парковом хозяйстве, а также в качестве фитомелиоранта нарушенных земель, в том числе при залужении эрозионно опасных склонов и рекультивации участков угледобычи.

Анализ литературных и собственных данных показал, что пластичность клевера паннонского позволила ему приспособиться к агроклиматическим условиям разных регионов России, в частности лесостепи Западной Сибири, и давать высокий, гарантированный урожай семян, несмотря на суровые зимы и короткий вегетационный сезон. Морфологическое строение клевера паннонского с очень мощной и глубоко проникающей корневой системой, многостебельная и бокаловидная форма куста с крупными листьями и соцветиями, даёт основание говорить о высокой конкурентоспособности данной культуры в отношении видов природной флоры (в том числе корневищных злаков), а также позволяет рассматривать этот вид как перспективное почвоукрепляющее растение. Минеральные удобрения и другие средства химизации оказывают положительное влияние на рост и развитие клевера паннонского: повышается полевая всхожесть, зимостойкость, симбиотическая и фотосинтетическая активность, семенная продуктивность и сбор кормовой массы. По составу основных питательных веществ клевер паннонский не уступает традиционно возделываемому клеверу луговому, а при позднем скашивании – даже превосходит его. Культура устойчива к поражению возбудителями мучнистой росы, ржавчины, стемфилиоза, церкоспороза и бурой пятнистости. Подсев клевера паннонского в естественные луговые сообщества позволяет повысить урожайность и питательную ценность травостоя.

Резюмируя все вышеизложенное, можно заключить, что клевер паннонский является новой, перспективной кормовой культурой в России и может быть рекомендован для создания высокопродуктивных, долголетних агроценозов и как фитомелиорант нарушенных земель.

**Ключевые слова:** сорта клевера паннонского; фазы вегетации; урожайность; семенная продуктивность; травосмеси; удобрения; болезни; химический состав; агротехника; луговые агроценозы

**Цитирование:** Нечаева Т.В., Якутина О.П., Боголюбова Е.В. Клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – перспективная кормовая культура и фитомелиорант (литературный обзор) // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 1. e115. doi: 10.31251/pos.v3i1.115

В России с началом структурной перестройки народного хозяйства и переходом сельского хозяйства на нерегулируемые государством рыночные отношения произошло резкое сокращение применения минеральных и органических удобрений, практически полное прекращение работ по защите почв от эрозии, снижение общей культуры земледелия, что способствовало усилению процессов деградации сельскохозяйственных угодий в целом, снижению посевных и увеличению залежных площадей (Гогмачадзе, 2011; Сычев и др., 2012; Нечаева, Быкова, 2014). Острой также стала проблема удешевления производства кормов при сохранении высокого содержания в них белка. Западная Сибирь располагает значительными площадями (порядка 30 млн га) природных пастбищ и сенокосов, которые могут быть использованы как источник недорогих кормов. Сейчас на большей части этой территории идут процессы восстановительной сукцессии вследствие уменьшения поголовья скота, но они осуществляются при экспансии немногих сохранившихся дигрессионно устойчивых видов, обычно злаков. Поэтому для сохранения потенциала сельскохозяйственных угодий предлагается их трансформация в высокопродуктивные сенокосы и пастбища, временная консервация пахотных почв с низкими показателями плодородия посредством посева травосмесей с участием представителей семейства *Fabaceae* – источников сырого протеина и белковых соединений, отлично поедаемых скотом, а также естественных азотфиксаторов, улучшающих плодородие почв (Шевцов и др., 2013; Тюлин и др., 2014; Ломова и др., 2016; Нурлыгаянов, Белинский, 2016; Лепкович, Спиридонов, 2017). Среди множества бобовых трав наибольшее распространение и кормовое значение имеет клевер, насчитывающий около 200 видов в умеренном и отчасти в субтропическом поясах Северного полушария, реже в Южной Америке и тропической Африке. В нашей стране возделывание клевера как кормовой культуры берет начало в XVIII веке, в настоящее время он распространен в Нечерноземной полосе, Западной и Восточной Сибири (Мухина, Шестиперова, 1978).

Кормовые агроценозы, как правило, намного урожайнее естественных угодий, но проблемой всегда было поддержание их продуктивного долголетия. Традиционно возделываемые бобовые травы, такие как *Trifolium pratense* L. или *T. hybridum* L. высокоурожайные, но малолетние в силу своих биологических особенностей (Абрамова, 1965; Сергеев и др., 1973; Мухина, Шестиперова, 1978; и др.). *Trifolium repens* L. более долговечен, но из-за слабой теневыносливости не произрастает в высокорослых травостоях (Привалова, 2004). Виды *Medicago* L. или *Onobrychis* L. более долговечны, однако при посеве со злаками, особенно корневищными, обычно вытесняются последними (Макарова, 1974). Благодаря работе ученых, среди ряда многолетних бобовых трав, интродуцированных в различных регионах России, был введен в культуру клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) как перспективное кормовое растение. Для широкого вовлечения этой относительно новой культуры в сельскохозяйственное производство страны необходимы комплексные исследования особенностей роста и развития, сроков и способов посева, возможности его длительного выращивания на малопродуктивных угодьях, влияние удобрений, регуляторов роста и других средств химизации на формирование агроценоза и прочие аспекты.

Цель работы – представить обзор по общей характеристике и возделыванию клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) как кормовой культуры и фитомелиоранта в разных регионах России на основании литературных данных и собственных опытов.

**Сорта клевера паннонского.** В Центральном сибирском ботаническом саду (ЦСБС) СО РАН в 80-х годах XX столетия были успешно проведены работы по интродукции в лесостепную зону Западной Сибири нескольких европейских многолетних видов клевера, среди которых по хозяйственно ценным признакам выделился клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) – многолетнее травянистое поликарпическое растение из семейства *Fabaceae*, относящееся к подроду *Lagopus*, секции *Stenostoma* (Кузнецова и др., 1986; Жмудь, 1997; Пленник, 1997). Ранее клевер паннонский упоминался как перспективный вид для сельскохозяйственного использования в крупных сводках по кормовым растениям (Ларин и др., 1951; Жуковский, 1971). Клевер паннонский возделывался как культурное растение с конца XIX столетия в Швейцарии, позже этот вид был интродуцирован на Украине и в Белоруссии, на территории Среднего Урала, лесостепи Среднего Поволжья и Нечерноземной зоны России. Изучение клевера паннонского в естественных ценозах Средиземноморья и Балканского региона (Petrovic et al., 2016; Vymyslicky, 2015) показало высокую антиоксидантную активность корма и привлекательности для опылителей. Успех освоения новых растений во многом зависит от разработки адаптивной ресурсосберегающей технологии возделывания, рациональной системы эксплуатации посевов, организации семеноводства и наличия хороших сортов (Кшникаткина и др., 2009).

В ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск) после многолетнего изучения была выделена наиболее перспективная румынская популяция клевера паннонского, исходные семена которого получены из Ботанического сада г. Бухареста (Жмудь, 1995; 2000). Методом многократного массового отбора был выведен сортообразец, переданный для дальнейшего испытания в качестве кормовой культуры в Сибирский научно-исследовательский институт кормов Россельхозакадемии (СибНИИ кормов). В 2010 году сорт клевера паннонского Премьер (оригинаторы – СибНИИ кормов и ЦСБС СО РАН), первый в России, включен в государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на всей территории РФ, патент № 5907 (рис. 1).



**Рисунок 1.** Вид отдельно стоящего 7-летнего растения (А) и травостой (Б) клевера паннонского сорта Премьер в период массового цветения (рис. 1А – по Возделывание..., 2018, С. 13, рис. 4).

В 2012 году в государственный реестр по испытанию и охране селекционных достижений РФ был занесен сорт клевера паннонского Аник (оригинатор – Пензенская ГСХА) – среднеспелый при уборке на зеленую массу, скороспелый при возделывании на семена, высокозимостойкий, засухо- и жаростойкий, устойчивый к полеганию, поражению мучнистой росой, корневыми гнилями и вирусной мозаикой в условиях Среднего Поволжья (Кшникаткина, 2015).

В результате селекционной работы с 2002 года в Зональном НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого (г. Киров) на территории европейской части Нечерноземной зоны России был создан и в дальнейшем занесен в государственный реестр по испытанию и охране селекционных достижений РФ еще один сорт клевера паннонского Снежок (П-16/21/3), который сохраняет продуктивное долголетие в течение 5-7 лет, при этом сборы семян увеличиваются с возрастом травостоя (Грипась и др., 2017).

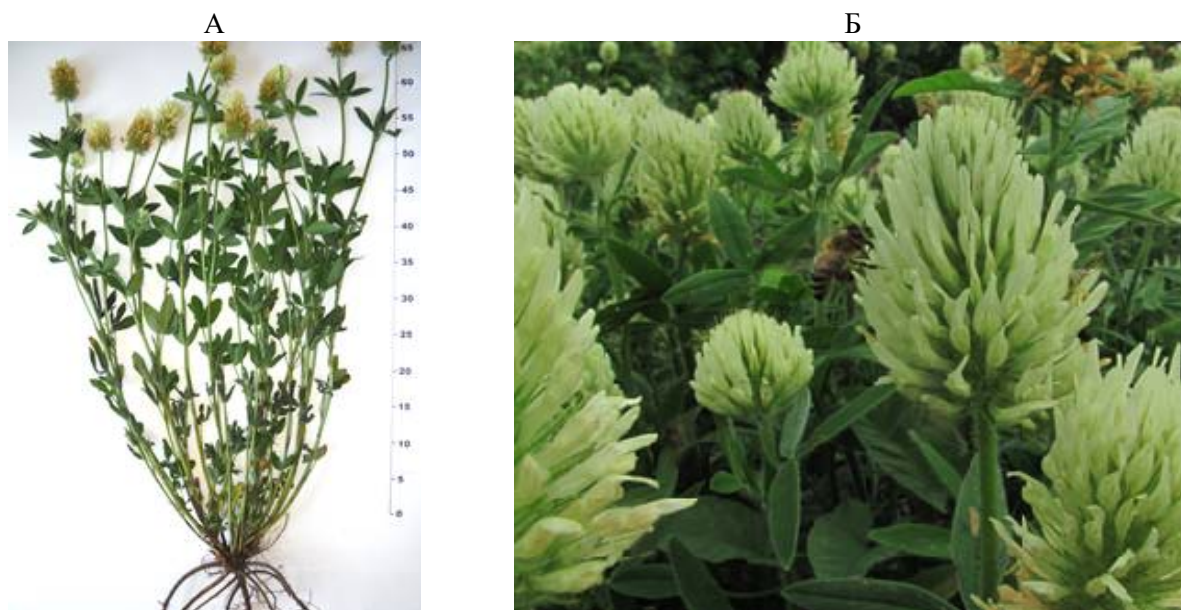
Исследователи отмечают высокую зимостойкость разных сортов клевера паннонского, засухоустойчивость, стабильность урожайности в различные по агрометеорологическим условиям годы, высокую конкурентоспособность, лёгкую приспособляемость к новым эколого-географическим условиям, слабую восприимчивость к болезням и вредителям, декоративность культуры, особенно в период цветения (Кудинов, Кухарева, 1985; Кузнецова и др., 1986; Багаутдинова, 1987; Ильина, 1986; Купенко, Остапко, 1993; Кшникаткина и др., 2009; Боголюбова, Агаркова, 2014; Белинский и др., 2016; Галиуллин, 2017а; и др.). Клевер паннонский хорошо зарекомендовал себя и как фитомелиорант при рекультивации участков угледобычи в Кузбассе, залужении малопродуктивных угодий, в том числе на эрозионно опасных склонах (Пленник, 1995; Кшникаткина, Москвин, 2016; Галиуллин, 2017б; Краснощёров и др., 2018; Якутина и др., 2018). Таким образом, клевер паннонский может быть использован в кормопроизводстве, садово-парковом хозяйстве, для консервации выведенных полей, а также в качестве фитомелиоранта нарушенных земель.



**Ботанико-морфологическая характеристика культуры, фазы вегетации.** Клевер паннонский – многолетнее бобовое растение, в естественных условиях произрастающее в странах Западной и Восточной Европы, а также в северной части Балканского полуострова. Восточная граница ареала проходит в Карпатах и прилегающих областях западной части Украины, где этот вид встречается на лесных опушках, в редколесье, на остепненных лугах, а также в горах на высоте до 1700 м над уровнем моря (Бобров, 1947).

Уникальная адаптивность клевера паннонского к различным почвенно-климатическим условиям связана с его морфологическими особенностями. Это стержнекорневое растение, имеющее мощный каудекс, включающий систему разновозрастных побегов и почек возобновления. Наряду со стержневым и боковыми корнями, уходящими на глубину более 2 м, образуются придаточные корни, растущие вначале почти горизонтально, а потом заглубляющиеся. Корни покрыты густым войлоком всасывающих корешков длиной 15-17 см, богатых азотфиксирующими клубеньками. Образующиеся клубеньки крупнее, чем у клевера лугового. Формируется как бы подземный купол, охватывающий гумусовый горизонт и более глубокие слои почвы с относительно постоянным увлажнением (Кузнецова и др., 1986; Боголюбова, 2009а; Кшникаткина, 2015; Галиуллин, 2017а; Возделывание..., 2018). Как и большинство бобовых растений, клевер паннонский образует симбиотические связи с азотфиксирующими бактериями, присутствующими в почве, и дополнительной инокуляции не требует.

Более подробно остановимся на ботанико-морфологическом описании клевера паннонского сорта Премьер (рис. 2). В условиях лесостепи Западной Сибири в средневозрастном генеративном состоянии растение представляет собой многостеблевой куст высотой 70-90 см с приподнимающимися по краям и прямостоячими в средней части генеративными и вегетативными побегами, общее число которых может составлять более двухсот. Стебель округлый, слабоветвящийся с 6-7 удлиненными междоузлиями. Листья тройчатосложные крупные. Листочки нижних пластинок эллиптической формы, верхних – заостренные ланцетовидные. Длина пластинки у самых крупных 3-го и 4-го листьев составляет 5-7 см, ширина – 9-13 см. Нижние листья на длинных черешках – до 8 см длиной, у верхних – они более короткие. Стебель заканчивается верхушечным соцветием – широкоцилиндрической головкой длиной 4-7 см, шириной 3-4 см с числом цветков от 60-80 штук на второй год жизни и до 100-150 штук – в последующие годы. В благоприятные по увлажнению года или у хорошо развитых особей у краевых стеблей развиваются пазушные генеративные побеги с головками меньшего размера. Цветки молочно-белые 2,5-3,0 см длины. Плод – плёчатый односемянный боб. Всё растение средне опушено.



**Рисунок 2.** Общий вид 3-летнего растения (А) и соцветия (Б) клевера паннонского сорта Премьер (рис. 2А – по Возделывание..., 2018, С. 7, рис. 1).

Клевер паннонский – облигатный энтомофил, опыляемый шмелями, и от их количества зависит число завязавшихся семян (Боголюбова, Агаркова, 2014; Кшникаткина, 2015; Краснопёров и др., 2018; и др.). По массе 1000 шт. семян клевер паннонский разных сортов относится к группе крупносемянных клеверов (3,8-4,7 г). Семена жёлтого или жёлто-коричневого цвета, сплюснутые с боков, яйцевидной или эллиптической формы. Традиционно возделываемый в разных регионах России клевер луговой значительно уступает клеверу паннонскому как по размеру соцветий и цветков, так и семян (рис. 3).



**Рисунок 3.** Соцветия (А) и семена (Б) двух видов клевера: лугового сорта СибНИИК-10 и паннонского сорта Премьер (по Возделывание..., 2018, С. 7, рис. 2 и С. 9, рис. 3).

Большой размер листовых пластинок положительно отражается на уровне облиственности посевов клевера паннонского, в том числе сорта Премьер. Так, у генеративных побегов в начале бутонизации масса листьев составляет более 40% (табл. 1). Во время цветения их доля снижается до 26%, но одновременно увеличивается масса соцветий, которые вместе с листьями являются наиболее питательной частью корма. Кроме того, в травостое данного вида клевера наряду с генеративными имеются удлинённые вегетативные побеги, которые также увеличивают общую массу листьев. В зависимости от долевого участия последних облиственность посевов в начале цветения составляет 40-45% (Боголюбова, Агаркова, 2014). От погодных условий года зависит соотношение в популяции числа генеративных и вегетативных побегов. В благоприятные годы образуется в 1,2-2 раза больше генеративных побегов, в сухие – равное число тех и других. Формирование генеративной сферы лимитируется засухой и поздневесенними заморозками (Жмудь, 1995; 2000).

**Таблица 1**

Динамика структуры генеративных побегов клевера паннонского сорта Премьер в разные фазы вегетации, % (по Боголюбова, Агаркова, 2014, С. 28, табл. 1)

Фаза	Лист	Стебель	Соцветие	Ветошь
Стеблевание	52,1/51,5 – 52,5	43,0/42,2 – 44,1	4,9/3,7 – 6,2	0
Бутонизация	41,5/39,3 – 45,0	46,8/45,7 – 47,7	11,4/9,3 – 12,9	0,3/0 – 0,8
Цветение	26,1/18,9 – 37,6	44,4/38,6 – 50,6	26,0/23,8 – 28,2	3,5/0 – 8,7

Примечание. Над чертой – среднее арифметическое значение, под чертой – пределы колебаний.

Клевер паннонский – частично зимнезелёное растение, зимуют 2-3 последних осенних листа, что позволяет начать вегетацию сразу после схода снежного покрова. В условиях центральной и южной частях лесостепной зоны Западной Сибири это середина и конец апреля, в северной части – конец апреля и начало мая (Возделывание..., 2018). Вскоре после наступления положительных температур отрастает первый весенний лист и отмечается массовое формирование боковых побегов. В это же время в центральных почках закладываются генеративные органы. Этот период – один из важных этапов в сезонном развитии растений, так как при сильных

возвратных холодах или после весенних палов могут повреждаться генеративные почки, что уменьшает число наиболее продуктивных генеративных побегов.

Фаза бутонизации у клевера паннонского Премьер в лесостепи Западной Сибири проходит в июне и в конце этого же месяца начинается цветение продолжительностью 12-24 суток. Следует подчеркнуть, что у этого сорта нет значительных колебаний в сроках наступления фаз вегетации, как это отмечено на Среднем Урале (Багаутдинова, 1987). Фаза цветения у сорта Премьер проходит в более ранние сроки, чем у сорта Аник в Среднем Поволжье, где массовое цветение наблюдается во второй половине июля (Кшникаткина и др., 2009; Кшникаткина, 2015). Период от весеннего отрастания до скашивания на зелёный корм у клевера паннонского Премьер равняется 61-69 суткам, что характеризует его как раннеспелый сорт. Созревание семян в зависимости от условий сезона происходит в середине и конце августа, то есть до уборки на семена требуется порядка 107-126 суток (Боголюбова, Агаркова, 2014). В Нечерноземной зоне России у клевера паннонского Снежок период от начала отрастания до цветения варьирует от 54 до 66 суток в зависимости от погодных условий, созревание семян наступает на 102-104 сутки от начала отрастания, что говорит о раннеспелости сорта (Грипась и др., 2017). В фазу цветения травостой клевера паннонского разных сортов обладает особой декоративностью (рис. 4).



**Рисунок 4.** Травостой клевера паннонского двух сортов: Премьер (А) и Снежок (Б) в период массового цветения (рис 4Б – по Грипась и др., 2017, С. 109).

В литературе имеются противоречивые сведения о возрастной динамике семенной продуктивности клевера паннонского. По одним данным наблюдается её снижение с возрастом растений, по другим – максимальное значения отмечается к 5-му году жизни (Ильина, 1986; Жмудь, 1995). У клевера паннонского сорта Премьер выявлено снижение количества семян у отдельных соцветий с возрастом (табл. 2). Однако, общая семенная продуктивность посевов увеличивается, так как с годами в травостое нарастает число генеративных побегов. В целом же семеноводство клевера паннонского более устойчиво по сравнению с клевером луговым и меньше зависит от погодных условий (Кшникаткина и др., 2009).

**Таблица 2**

Показатели плодоношения клевера паннонского сорта Премьер  
(по Боголюбова, Агаркова, 2014, С. 30, табл. 4)

Показатель	3-й год жизни		5-й год жизни	
	$x \pm m$	V, %	$x \pm m$	V, %
Количество цветков в соцветии, шт.	$102,9 \pm 3,3$	10,1	$95,3 \pm 3,7$	19,1
Количество полноценных семян в соцветии, шт.	$62,7 \pm 4,1$	20,9	$52,8 \pm 3,6$	33,3
Обсеменённость, %	60,6		55,1	
Масса 1000 семян, г	$3,9 \pm 0,1$	7,4	$4,3 \pm 0,1$	11,0

Примечание.  $x$  – среднее арифметическое значение;  $m$  – ошибка средней; V – коэффициент вариации.

**Урожайность клевера паннонского в одновидовых и смешанных посевах.** В начале жизненного цикла надземная масса у клевера паннонского незначительная. В первые два года жизни интенсивно формируется корневая система, которая служит не только для питания растения, но и в качестве запасного органа. По данным Р.И. Багаутдиновой (1987) у 2-летних растений клевера паннонского в корни поступает 20% ассимилятов, тогда как у клевера лугового – только 3%. Хорошо сформированная корневая система обеспечивает долготелетие вида.

Исследования на одновидовых посевах клевера паннонского сорта Премьер (Боголюбова, Агаркова, 2014) на базе СибНИИ кормов в Новосибирском районе Новосибирской области (НСО) показали, что первый год пользования (2-й год жизни) высота побегов еще не достигает величины взрослого растения (70-90 см), урожайность надземной массы невысокая – не более 7-10 ц/га сухого вещества в фазу цветения (табл. 3). В этом возрасте клевер паннонский значительно уступает клеверу луговому. Однако начиная с 3-го года жизни урожайность надземной массы клевера паннонского резко возрастает и культура уже вполне пригодна для сенокосения.

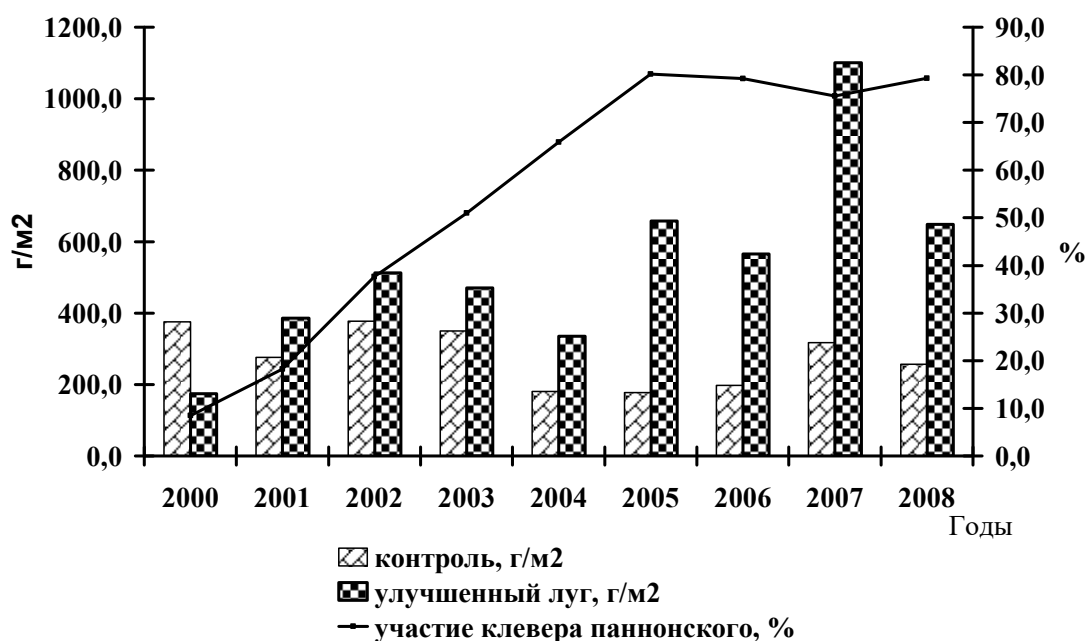
Таблица 3

Показатели урожайности клевера паннонского сорта Премьер в фазу цветения  
(по Боголюбова, Агаркова, 2014, С. 29, табл. 2)

Год наблюдений (год жизни клевера)	Зелёная масса, ц/га	Сухая масса, ц/га	Высота генеративных побегов, см	Общее число побегов на 1 м <sup>2</sup>	Доля генеративных побегов, %
2006 (2-й)	-	6,7	35,2 ± 0,7	150	7,2
2007 (3-й)	287	51,4	79,4 ± 3,6	331	60,2
2008 (4-й)	225	42,3	73,4 ± 2,4	439	38,5
2009 (5-й)	288	65,3	72,2 ± 1,8	578	61,4
2010 (6-й)	200	44,1	67,9 ± 2,1	748	27,4
*НСР <sub>05</sub>	102	19,3		169	

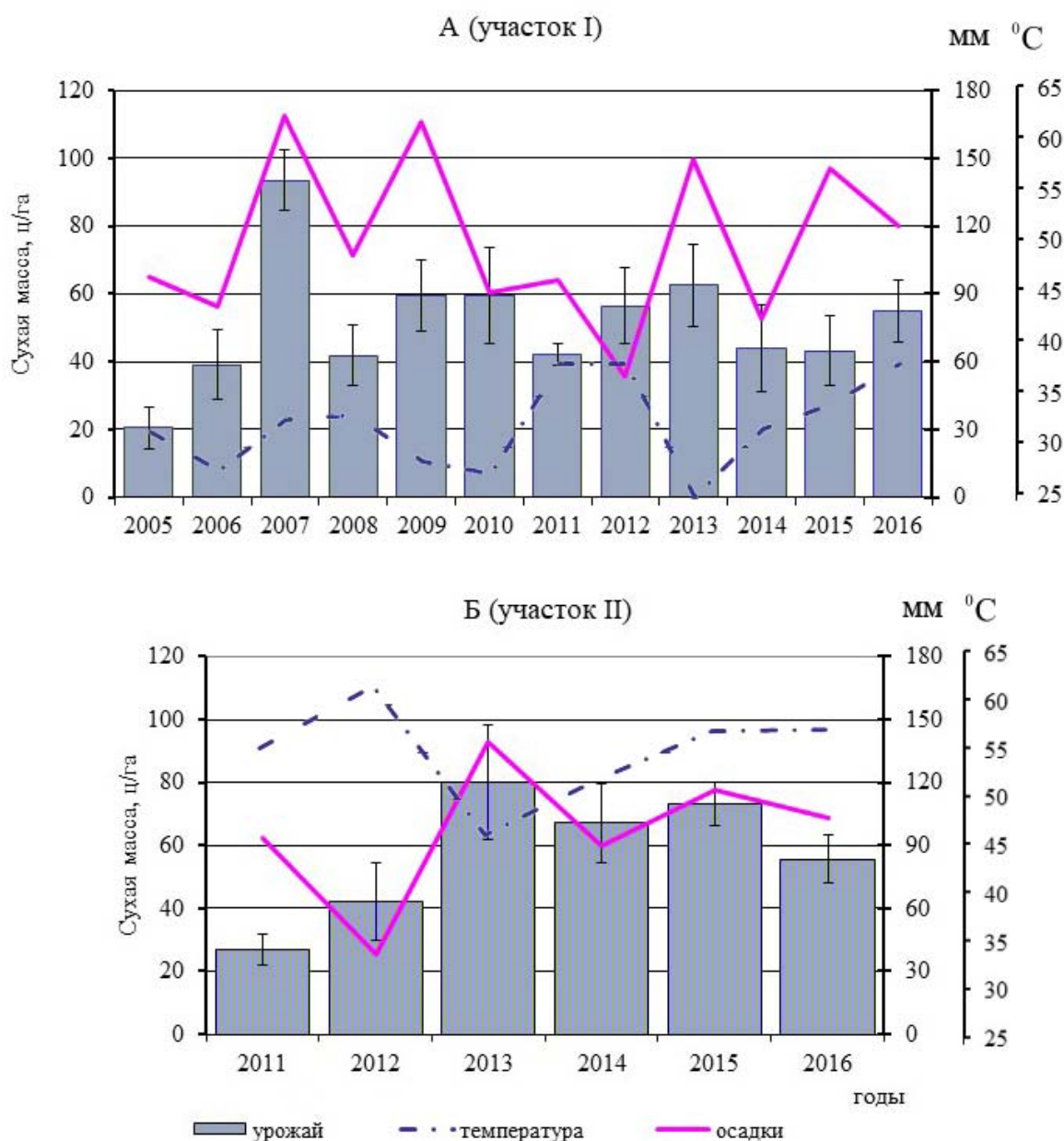
Примечание. \*НСР<sub>05</sub> – наименьшая существенная разница на уровне значимости 5% (здесь и далее).

При подсеве клевера паннонского Премьер в естественное луговое сообщество с доминированием активного ценозообразователя – мятлика узколистного (*Poa angustifolia* L.) клевер сохраняется в травостое на протяжении 16 лет с долевым участием не ниже 50% (Боголюбова, 2009б; 2015; 2017). При этом урожайность улучшенного луга поддерживается в 2-3,5 раза выше естественного травостоя (контроль) (рис. 5).



**Рисунок 5.** Урожайность улучшенного разнотравно-мятликового луга при подсеве клевера паннонского сорта Премьер (по Боголюбова, 2009б, С. 262, рис. 1).

Наблюдения за ростом и развитием клевера паннонского Премьер авторами статьи в двух агроклиматических подрайонах НСО (участок I – Черепановский район, с. Посевное; участок II – Новосибирский район, п. Краснообск) показали, что на урожайность культуры оказывают влияние погодные условия (осадки и температура воздуха за апрель-июнь) и возраст растений (рис. 6 А, Б).



**Рисунок 6.** Динамика урожайности клевера паннонского сорта Премьер, суммы осадков (мм) и температуры (°C) за апрель-июнь в Черепановском (А, участок I) и Новосибирском (Б, участок II) районах Новосибирской области. 2-ой год жизни клевера соответствует 2005 году наблюдений на участке I и 2011 году на участке II и так далее. Урожай по годам представлен в виде среднего арифметического значения (столбцы) и стандартного отклонения (вертикальные планки).

Наибольший урожай клевера паннонского в луговом агроценозе (участок I) был получен в благоприятных условиях увлажнения и температурного режима на 4-год жизни – 93,5 ц/га сухой массы (см. рис. 6 А). В последующем урожайность поддерживалась на уровне 41,8-62,5 ц/га, несмотря на засушливые и остро засушливые сезоны, пришедшиеся на 5-й, 7-й и 9-й годы жизни клевера. Эти данные свидетельствуют о засухоустойчивости культуры, способности восстанавливаться при наступлении благоприятных условий, формировать высокую урожайность травостоя при наличии конкурентных отношений со стороны естественной растительности, особенно корневищных злаков. В посевах на участке II клевер паннонский показал большую урожайность надземной массы по сравнению с участком I на 22-40% (см. рис. 6 Б). Так, если за 2013-2016 гг. средняя урожайность травостоя на участке I составила 51,1 ц/га, то за этот же период на участке II – 73,6 ц/га. Данные различия объясняются, прежде всего, фитоценотическими условиями агроценозов: на участке I – это луговой агроценоз с участием злаков, на участке II – одновидовые посевы клевера. Помимо этого, сказались более благоприятные почвенно-климатические условия и различия в возрасте травостоев.

По результатам исследований (Боголюбова, 2012) возделывания клевера лугового сорта СибНИИК 10 и клевера паннонского сорта Премьер в двухкомпонентных травосмесях со злаками (ежа сборная, тимофеевка луговая, кострец безостый) в НСО установлены существенные различия между двумя видами клевера по динамике накопления надземной массы и участию в составе травосмесей по годам жизни. Наибольшее доленое участие клевера лугового (более 50%) со всеми видами злаков отмечено в первые два года пользования, которое постепенно снижалось к 4-му году. Доля клевера паннонского к третьему году во всех травосмесях выросла до 30%, к 4-5-му годам – до половины и более (рис. 7). Суммирование урожайности кормовой массы за 6 лет наблюдений показало незначительное различие данных по одновидовым посевам и травосмесям двух видов клевера – 254-289 ц/га сухой массы. В то же время следует отметить несколько больший сбор кормовой массы в агроценозах с клевером паннонским.



**Рисунок 7.** Травосмеси клевера паннонского сорта Премьер с кострцом безостым (А) и тимофеевкой луговой (Б) на 4-й год пользования (по Возделывание..., 2018, С. 23, рис. 9).

В лесостепи Западной Сибири клевер паннонский Премьер обладает способностью к семенному возобновлению в сложившихся естественных фитоценозах и высоким уровнем конкурентоспособности в отношении растений природных лугов. Так, исследования видового состава и продуктивности двух природных сообществ – злаково-люцернового и кострцевого при семенном возобновлении в них клевера паннонского показали увеличение урожайности обоих лугов в 1,6-2,0 раза (Боголюбова, 2019). На внедрение клевера паннонского отрицательно реагируют такие доминирующие виды луговых сообществ, как люцерна серповидная (*Medicago falcata*), рыхлодерновинные злаки – мятлик узколистый (*Poa angustifolia*), ежа сборная (*Dactylis glomerata*), овсяница луговая (*Festuca pratensis*), а также большая часть видов лугового разнотравья. В то же время у длиннокорневищных видов злаков – кострец безостый (*Bromopsis inermis*) и пырей ползучий (*Elytrigia repens*) отмечена положительная реакция на присутствие клевера паннонского, выраженная в увеличении их продуктивности.

В условиях Мариинско-Ачинской северной лесостепи (Тяжинский район Кемеровской области) лучше себя показали травосмеси клевера паннонского сорта Премьер с многолетними злаковыми и бобовыми культурами в сравнении с одновидовыми посевами (Боярский, Белинский, 2014; Белинский, 2016; Белинский и др., 2016; Нурлыгаянов, 2018). Лучшие показатели были выявлены у трех компонентных смесей, урожайность которых в 1,5-2 раза выше клевера паннонского, посеянного в чистом виде (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность зелёной массы клевера паннонского сорта Премьер и травосмесей с его участием в лесостепи Западной Сибири (по Боярский, Белинский, 2014, С. 114, табл. 1)

Вариант опыта с учетом нормы высева семян (млн шт./га)	Урожайность, ц/га
Клевер паннонский (2,5)	54,5
Клевер паннонский + клевер луговой (1,25 + 3)	74,9
Клевер паннонский + тимopheевка луговая (1,25 + 8)	54,8
Клевер паннонский + клевер луговой + тимopheевка луговая (1,25 + 1,5 + 4)	87,5
Клевер паннонский + клевер луговой + тимopheевка луговая (0,625 + 1,5 + 8)	90,6
Клевер паннонский + клевер луговой + тимopheевка луговая (0,625 + 3 + 4)	103,4
НСП <sub>05</sub>	17,1

Агроклиматические условия лесостепи Среднего Поволжья позволяют успешно возделывать бинарные агрофитоценозы с включением клевера паннонского сорта Аник, злаковых трав и черноголовника многобрачного (Кшникаткина и др., 2014; Кшникаткина, 2015; 2017). Установлено, что в бинарных травосмесях клевер паннонский 2-го и 3-го года пользования наращивает ценотическую активность: в первый год жизни количество бобового компонента в смеси клевер + кострец составило 56,8%, во второй – 65,3%, на третий – 68,6%. Наиболее благоприятные фитоценотические условия для увеличения содержания клевера паннонского до 69,7% сложились при его посеве с черноголовником многобрачным. Урожайность изучаемых травосмесей зависела от состава компонентов и возрастных изменений агроценозов. Наибольшая урожайность зелёной массы получена в агроценозе 3-го года пользования в травосмеси клевер паннонский + кострец безостый (табл. 5). В сумме за три года наблюдений наибольший сбор сухого вещества (21,5 т/га) также получен в смеси клевер паннонский + кострец безостый. Практически равноценный урожай сухого вещества (14,7-15,2 т/га) сформировали травосмеси клевера паннонского с тимopheевкой луговой, ежой сборной и черноголовником многобрачным. В целях получения энергонасыщенных и сбалансированных по сахаро-протеиновому отношению кормов рекомендовано высевать клевер паннонский в смеси с кострцом безостым и черноголовником многобрачным (Кшникаткина и др., 2014; Терехин, 2014).

Таблица 5

Урожайность зелёной массы травосмесей с участием клевера паннонского сорта Аник в лесостепи Среднего Поволжья (по Кшникаткина, 2017, С. 101, табл. 2)

Вариант опыта	Урожайность (т/га) и годы жизни травосмесей		
	1-й (2012-2014 гг.)	2-й (2013-2014 гг.)	3-й (2014 г.)
Клевер паннонский + кострец безостый	13,6	24,8	34,2
Клевер паннонский + овсяница луговая	12,8	22,6	30,4
Клевер паннонский + тимopheевка луговая	12,5	21,7	25,6
Клевер паннонский + ежа сборная	13,1	23,8	26,2
Клевер паннонский + черноголовник многобр.	12,2	20,9	25,3

Конкурентоспособность компонентов бобово-злаковых смесей обусловлена биологическими особенностями видов в составе агроценоза, плотностью и возрастом травостоя, числом побегов сопутствующего компонента, напряженностью взаимоотношений между компонентами (Кшникаткина, 2017). Как показали исследования в разных регионах России (Ильина, 1986; Жмудь, 1997; Боярский, Белинский, 2014; Кшникаткина, 2015; Боголюбова, 2015; 2017; Белинский и др., 2016; Возделывание..., 2018; и др.), у клевера паннонского с третьего года жизни отмечается прогрессивное развитие боковых побегов, он становится наиболее конкурентоспособным и с этого времени устанавливается начало его «царствования» в смешанных посевах.

**Влияние удобрений и других средств химизации на рост и развитие клевера паннонского, устойчивость культуры к болезням.** Минеральные и комплексные удобрения с микроэлементами в хелатной форме, регуляторы роста и бактериальные препараты оказывают положительное влияние на рост и развитие клевера паннонского: повышается полевая всхожесть, сохранность растений, зимостойкость, симбиотическая и фотосинтетическая активность, семенная продуктивность и сбор кормовой массы (Кшникаткина, Рафикова, 2012; Кшникаткина, 2015; Кшникаткина, Гришин, Горбунов, 2016; и др.). Так, в исследованиях на выщелоченном черноземе в лесостепи Среднего Поволжья прибавка урожая сухого вещества клевера паннонского сорта Аник в удобренных вариантах по отношению к контролю составила 0,4-2,4 т/га; наибольший выход кормовых единиц, переваримого протеина и обменной энергии обеспечивало внесение минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> (табл. 6). Наибольшее количество и максимальная масса клубеньков сформировались при внесении P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>. На фоне N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> ассимиляционная поверхность увеличилась на 52%, доля биологического азота в урожае повысилась до 57% (Кшникаткина, Семенчев, 2013). Наибольшая продуктивность генеративного побега (0,83 г) и урожайность семян (664-1160 кг/га) отмечены при двукратной подкормке клевера паннонского комплексным удобрением Омекс (Кшникаткина, Горбунов, 2016).

Таблица 6

Продуктивность клевера паннонского сорта Аник первого года пользования  
(по Кшникаткина, Семенчев, 2013, С. 58, табл. 5)

Вариант	Сухое вещество, т/га	Кормовые единицы, т/га	Переваримый протеин, т/га	Обменная энергия, ГДж/га
Контроль	6,1	4,4	0,49	49,2
N <sub>30</sub>	6,6	4,7	0,52	52,5
N <sub>60</sub>	6,8	4,9	0,54	54,7
P <sub>60</sub>	6,7	4,8	0,53	53,6
P <sub>90</sub>	6,8	5,0	0,55	55,8
K <sub>90</sub>	6,5	4,7	0,53	52,7
K <sub>120</sub>	7,0	5,0	0,56	55,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	7,2	5,2	0,58	58,1
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	7,4	5,4	0,60	60,3
N <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	7,2	5,1	0,57	57,0
N <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	7,2	5,2	0,59	58,3
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,4	5,4	0,62	60,3
P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	7,8	5,6	0,64	62,6
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,3	5,3	0,59	59,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	7,5	5,6	0,63	61,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	8,2	5,9	0,66	65,9
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	8,5	6,2	0,69	69,3
НСР <sub>05</sub>	0,07	0,05	0,048	0,34

Использование в технологии возделывания клевера паннонского сорта Аник для борьбы с сорной растительностью баковых смесей гербицидов Корсар и Агритокс совместно с препаратами Альбит (бактериальный) и Силиплант (микроэлементы в хелатной форме) способствовали снижению засоренности посевов на 74-86%, созданию благоприятных условий для бобово-ризобиального симбиоза, увеличению сбора кормовой массы и семенной продуктивности, то есть оказались высокоэффективным приемом, значительно повышающим отдачу от средств, вложенных в производство этой культуры (Кшникаткина, Аленин и др., 2016).

Изучение фитосанитарного состояния посевов клевера паннонского сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири на высоком инфекционном фоне показало, что он устойчив к поражению возбудителями мучнистой росы, ржавчины, стеμφилиоза, церкоспороза и бурой пятнистости (Боголюбова, Агаркова, 2014). Однако с возрастом и в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода клевер паннонский может поражаться вирусной мозаикой, микоплазмозом и фузариозом в слабой степени (от 3 до 17%) и чёрной пятнистостью в средней степени (26-38%). В семенах клевера паннонского выявлена грибная инфекция: в сухой год преобладали грибы рода *Cladosporium*, во влажный – *Alternaria*, в средние по увлажнению годы – грибы обоих родов и их смеси (Боголюбова, Коняева, 2018).



**Химический состав растительного сырья и кормов из клевера паннонского.** Полноценность зелёной массы большинства растений в значительной степени зависит от ее компонентного состава, определенного в процессе биохимического анализа, на который влияет ряд факторов, и в первую очередь – фаза вегетации. У клевера паннонского сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири наибольшее содержание протеина и золы отмечено в фазу бутонизации. Однако, вследствие хорошей облиственности травостоя вплоть до плодоношения, компонентный состав зелёной массы в разные фазы вегетации отличался незначительно (табл. 7), что позволяет заготавливать корма из этой культуры довольно длительное время. По содержанию кормовых единиц (0,88-0,90) и обменной энергии (10,5-10,7 МДж в 1 кг зелёной массы) клевер паннонский не уступает традиционно возделываемым бобовым растениям, в том числе клеверу луговому (Химический состав..., 1982).

**Таблица 7**

Компонентный состав зеленой массы клевера паннонского сорта Премьер по фазам вегетации, % на абсолютно сухое вещество (по Ломова и др., 2016, С. 25, табл. 1)

Фаза вегетации	Влажность	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Бутонизация	81	18,5	2,7	26,0	12,5
Цветение	80	15,3	2,1	28,2	9,7
Плодоношение	77	14,8	2,6	28,9	10,1

Корма из клевера паннонского – сено, сенаж и силос, заготовленные из сырья, скошенного в разные фазы вегетации (бутонизация, цветение и плодоношение), получают отличного или хорошего качества (Боголюбова, Агаркова, 2014; Кшникаткина и др., 2009; Кшникаткина, 2015; Ломова и др., 2016; Галиуллин, 2017а; Возделывание..., 2018; и др.). Однако наиболее ценный корм – при скашивании культуры в фазу бутонизации (табл. 8), в это время растения хорошо облиственны, имеют нежные стебли и наибольший сбор питательных веществ в кормовой массе.

**Таблица 8**

Показатели качества кормов из клевера паннонского сорта Премьер по фазам вегетации и способам консервирования, % на абсолютно сухое вещество (по Ломова и др., 2016, С. 25, табл. 2)

Фазы вегетации	Вид корма	Влажность	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Бутонизация	сено	11	15,9	3,2	25,2	11,1
	сенаж	58	16,3	2,4	25,9	10,4
	силос	80	14,6	2,4	26,3	9,9
Цветение	сено	12	11,7	1,5	33,6	9,1
	сенаж	57	14,8	0,6	30,1	9,7
	силос	79	13,3	2,3	28,9	10,3
Плодоношение	сено	12	11,2	2,2	35,6	8,8
	сенаж	51	12,9	0,3	29,9	9,2
	силос	76	11,6	2,2	28,8	11,4

Исследования биохимического состава образцов клевера паннонского сорта Премьер из разных агроклиматических подрайонов НСО (Храмова и др., 2020) показали, что листья и соцветия характеризуются достаточно высоким содержанием биологически активных веществ, состоящих из фенольных соединений (флавонолов, танинов, катехинов), пигментов (хлорофиллов, каротиноидов), пектиновых веществ. Содержание флавонолов, катехинов, каротиноидов и пектиновых веществ в 1,1-1,6 раза выше у растений из более холодного и увлажненного Черепановского района НСО, танинов, напротив, – из более теплого и менее увлажненного Новосибирского района НСО. Всем образцам свойственны высокие показатели антиоксидантной активности водно-этанольных экстрактов из листьев и соцветий клевера, что, возможно, связано с повышенным содержанием фенольных соединений. Общее содержание макроэлементов в образцах надземной массы клевера, отобранных в Черепановском районе НСО и определенное методом мокрого озоления растительного сырья в смеси серной и хлорной кислот, в период бутонизации-цветения в среднем составило (% на воздушно-сухое вещество): азот (N) – 2,31; фосфор (P) – 0,20; калий (K) – 1,48; кальций (Ca) – 2,49 (Якутина и др., 2018).

**Агротехника: сроки и способы посева клевера паннонского, покровные культуры.** Для бобовых трав в той или иной степени характерна твердокаменность семян – непроницаемость семенной оболочки для поступления воды к зародышу. Так, у клевера паннонского доля твердых семян в среднем составляет 50-60%. Поэтому для получения дружных и равномерных всходов семена следует скарифицировать, а также провести предпосевную культивацию и очень хорошее (в 2-3 следа) прикатывание почвы до и после посева семян (Возделывание..., 2018).

Сеять клевер паннонский можно весной и летом. Для весеннего посева в лесостепной зоне Западной Сибири лучшее время – I-II декада мая, когда в почве еще достаточно влаги зимних осадков для набухания и прорастания семян (Возделывание..., 2018). При этом лучше использовать покровную культуру для защиты всходов от выгорания, поддержания более высокой влажности в приземном слое, уменьшения засоренности, а стерня зимой служит в качестве снегозадержателя. Летний срок посева (середина июля) предпочтительнее использовать при сильной засоренности поля, что позволяет провести несколько предпосевных культиваций. Кроме того, при летнем посеве создаются благоприятные внешние условия, связанные с осадками, умеренной температурой воздуха второй половины лета и лучшей освещенностью беспокровных посевов. Необходимо принимать во внимание характерные для сибирского региона весенне-раннелетние засухи, которые могут неблагоприятно сказаться на всходах клевера.

Ширококорядный способ посева клевера паннонского уступает по продуктивности рядовому (рис. 8-9), но следует отметить, что первый способ предпочтительнее по двум основным причинам: можно проводить междурядную обработку и растения менее подвержены полеганию, чем при рядовом посеве с высотой побегов более 85 см (Возделывание..., 2018).



**Рисунок 8.** Вид летнего беспокровного посева клевера паннонского сорта Премьер 1-го года жизни в начале октября (норма высева семян 2 млн шт./га): А – рядовой, Б – ширококорядный (по Возделывание..., 2018, С. 18, рис. 5).



**Рисунок 9.** Вид двулетних посевов клевера паннонского сорта Премьер в конце июня (норма высева 2 млн шт./га): А – рядовой, Б – ширококорядный (по Возделывание..., 2018, С. 18, рис. 6).

Исследования в лесостепи Западной Сибири (Боголюбова, 2018; Возделывание..., 2018) показали, что существенное влияние сроков посева (весеннего под покров овса и летнего беспокровного) и норм высева (1 и 2 млн шт./га) проявляется только в первые два года жизни клевера паннонского сорта Премьер (табл. 9). Начиная с 3-го года жизни, отмечено постепенное нивелирование показателей урожайности при разных приёмах возделывания за счёт увеличения количества генеративных побегов. По вариантам опыта увеличение было неравномерным и зависело от состояния посевов 2-го года жизни – чем меньшая густота побегов наблюдалось в этот год, тем большее увеличение отмечено на 3-й год жизни. В результате сократились различия по продуктивности надземной массы и густоте побегов между сроками посева и нормами высева, уменьшилась разница между рядовым и широкорядным способами посева.

Таблица 9

Влияние агротехнических приемов на количественные показатели структуры травостоя клевера паннонского сорта Премьер (по Возделывание..., 2018, С. 16, табл. 4)

Срок посева	Способ посева	Норма высева, млн/га	Число растений на 1 м <sup>2</sup>	Общее число побегов на 1 м <sup>2</sup>			Доля генеративных побегов, %	
				Год жизни клевера				
			1-й	2-й	3-й	2-й	3-й	
Весенний (II дек. мая)	15 см	1	65	375	520	31,8	71,3	
		2	102	402	665	31,5	66,9	
	60 см	1	34	188	407	34,0	65,3	
		2	39	190	410	27,0	73,7	
Летний (II дек. июля)	15 см	1	82	342	599	16,3	66,2	
		2	156	459	659	10,6	62,4	
	60 см	1	61	202	460	8,2	68,8	
		2	89	224	500	7,1	65,0	
НСР <sub>05</sub>			15	51	26			

В лесостепи Среднего Поволжья лучшими показателями симбиотической активности характеризовались агроценозы с участием клевера паннонского сорта Аник ранневесенних сроков посева, при которых количество активных клубеньков составило 100,2-103,6 млн шт./га, их масса – 501,3-518,2 кг/га. При летних сроках посева клевера наблюдалось резкое снижение симбиотической активности (Кшникаткина, Гришин, Горбунов, 2016).

В целом же клевер паннонский разных сортов обладает высокой способностью к саморегулированию густоты травостоя, что позволяет использовать малозатратные способы его возделывания: низкую норму высева, широкорядный посев, покровные культуры. Однако при выборе срока посева необходимо учитывать состояние поля, прогноз погодных условий и отводить участки вне севооборотных площадей в связи с долголетием культуры (10-15 лет).

В Среднем Поволжье были проведены исследования по влиянию покровных культур (овса, ячменя, тритикале, рыжика, редьки, горчицы, льна, проса и суданской травы) на формирование агроценоза и урожайность клевера паннонского сорта Аник при разных способах возделывания и сроках уборки (Кшникаткина, Игнатьев, 2012; Кшникаткина, 2016; Кшникаткина, Галиуллин, 2017). Установлено, что наименьшая засоренность клевера паннонского наблюдается под овсом. Наиболее благоприятные условия для роста и развития клевера складывались под покровом льна масличного, урожайность семян в первый и последующие годы пользования составила 428-850 кг/га. Невысокое угнетающее воздействие оказывали также яровое тритикале, ячмень голозерный и пленчатый. Малопригодными для создания покрова оказались редька масличная, горчица белая, овес. Посевы овса, ячменя и тритикале с междурядьями 30 см оказались более эффективными, чем при рядовом способе посева. Наибольшая урожайность семян клевера получена при беспокровном способе посева, в 1-й год пользования – 447 кг/га, 4-й год пользования – 850 кг/га. Результаты опытов в лесостепи Западной Сибири (Белинский и др., 2018) по влиянию различных видов покровных зерновых культур (яровая пшеница, ячмень и овес на зерно) и беспокровного посева на рост и развитие клевера паннонского сорта Премьер показали, что урожайность клевера отличалась незначительно в сравнении беспокровных посевов с покровными. Однако с целью рационального использования пашни клевер паннонский лучше сеять под покров ячменя.

**Фитомелиоративная роль клевера паннонского.** Широко и глубоко расположенная мощная корневая система клевера паннонского, прочно удерживающаяся в почве, позволяет рассматривать этот вид как перспективное почвоукрепляющее растение на крутых склонах (Кузнецова и др., 1986). Этот вид клевера хорошо зарекомендовал себя при залужении склоновых земель на территории НСО и рекультивации участков угледобычи в Кузбассе (Пленник, 1995).

Исследования по возделыванию клевера паннонского сорта Аник на черноземе выщелоченном среднемощном тяжелосуглинистом в учебно-опытном хозяйстве Пензенского ГАУ (Галиуллин, 2017б) показали, что до 90% всех корней накапливается в слое 0-40 см. При этом наиболее развитую корневую систему по профилю почвы имели растения при рядовом способе посева в сравнении с широкорядным. Были установлены изменения показателей почвенного плодородия в результате минерализации корневой массы. Так, к четвертому году жизни в почве под клевером накопилось около 16,8 т/га массы корневых остатков, количество накопленного азота в ней составило 245 кг/га, калия и фосфора – 133 и 30 кг/га. В Калининградской области установлена фитомелиоративная роль клевера паннонского сорта Премьер на основании выводов об увеличении содержания в почве аммиачного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с каждым годом жизни культуры (Краснопёров и др., 2018).

В агроклиматических условиях лесостепной зоны Западной Сибири клевер паннонский в целом успешно произрастает и дает хорошие урожаи как на бедных с нейтральной реакцией среды, так и на кислых среднеобеспеченных элементами питания почвах (Боголюбова, 2009б; 2012; Белинский и др., 2016; Возделывание..., 2018; и др.). Например, на кислых почвах галега восточная (*Galega orientalis* L.) показала более низкую урожайность зеленой массы в сравнении с клевером паннонским (Нурлыгаянов, 2018). Агрохимический анализ почв (табл. 10) в наших исследованиях на двух опытных участках НСО с возделыванием клевера паннонского сорта Премьер показал, что почвы характеризуются нейтральной реакцией среды, низким содержанием гумуса и валового азота как под разновозрастным клевером, так и под естественным ценозом. Длительное выращивание клевера паннонского (13 лет) существенно не изменило в почве содержание гумуса и валового азота в сравнении с естественным ценозом. На участке I отмечена тенденция к снижению содержания валового азота, легкоподвижного фосфора и обменного калия в почве под клевером в сравнении с естественным ценозом, а отношение C/N расширилось. С увеличением возраста клевера содержание в почве валового азота, легкоподвижного фосфора и обменного калия снижалось. Содержание обменных форм кальция и магния было оптимальным.

Таблица 10

Агрохимическая характеристика почв (слой 0-25 см) двух экспериментальных участков при выращивании клевера паннонского сорта Премьер в Новосибирской области (НСО)

*Показатели	Участок I, Черепановский район НСО		Участок II, Новосибирский район НСО	
	<sup>1</sup> Естественный ценоз	<sup>2</sup> Клевер тринадцати лет жизни	<sup>3</sup> Клевер двух лет жизни	<sup>4</sup> Клевер семи лет жизни
pH <sub>H2O</sub>	6,7 ± 0,04	6,6 ± 0,07	6,4 ± 0,06	6,9 ± 0,03
Гумус, %	1,72 ± 1,29	1,95 ± 0,26	1,66 ± 0,37	1,63 ± 0,10
N <sub>вал</sub> , %	0,13 ± 0,02	0,11 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,11 ± 0,01
C/N <sub>молярное</sub>	8,7 ± 5,45	13,1 ± 5,40	7,6 ± 2,36	9,9 ± 0,86
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,61 ± 0,45	0,33 ± 0,08	0,64 ± 0,18	0,56 ± 0,28
K <sub>2</sub> O, мг/100 г	19,9 ± 6,0	15,5 ± 0,77	18,4 ± 0,26	18,0 ± 0,90
Ca, мг/100 г	347 ± 10,9	353 ± 10,6	267 ± 4,7	259 ± 10,0
Mg, мг/100 г	29,0 ± 2,3	29,0 ± 1,4	22,9 ± 1,6	24,0 ± 1,6

Примечание. \*Почвы проанализированы на содержание гумуса методом бихроматного окисления по Тюрину; валового азота – по Кьельдалю; легкоподвижного фосфора – по Карпинскому-Замятиной (экстрагент 0,015 М K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); обменных калия, кальция и магния – по Масловой (экстрагент 1 М CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>); pH водной суспензии – потенциометрическим методом при соотношении почва : вода равным 1 : 2,5. Почвы (Классификация..., 2004): 1 – чернозем глинисто-иллювиальный; 2 – агрочернозем глинисто-иллювиальный; 3 – агрозем глинисто-иллювиальный агропереуплотненный; 4 – агросерая элювирированная. Представлены среднее арифметическое значение и стандартное отклонение (M ± s).

В лесостепи Западной Сибири для освоения залежных земель, залужения низкопродуктивных угодий и создания долгодетных агроценозов рекомендуется использовать клевер паннонский в смеси с клевером луговым и злаковыми травами, в том числе с тимофеевкой луговой, кострцом безостым (Боярский, Белинский, 2014; Нурлыгаянов, 2018; и др.). Например, ускоренное залужение кострцово-пырейного старозалежного сенокоса на склоне с низкими параметрами потенциального плодородия почв привело к формированию высокопродуктивного (50-70 ц/га сухой массы) злаково-клеверного лугового агроценоза с долевым участием клевера паннонского 70-90% (Боголюбова, 2015), сохраняющегося к настоящему времени более 13 лет.

**Заключение.** Анализ литературных и собственных данных показал, что клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.) характеризуется хорошей приспособляемостью к новым эколого-географическим условиям, высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, стабильной урожайностью семян, слабой восприимчивостью к болезням и вредителям, продуктивным долголетием (10-15 лет), декоративностью. Корма из клевера паннонского (сено, сенаж и силос) получают отличного или хорошего качества, и наиболее ценный корм – при скашивании культуры в фазу бутонизации. В это время растения хорошо облиственны, имеют нежные стебли и наибольший сбор питательных веществ в кормовой массе. Эти достоинства клевера паннонского открыли перспективу его интродукции и использования в разных регионах России, включая Средний Урал, Нечерноземную зону страны, Среднее Поволжье и юг Западной Сибири.

Результаты исследований по возделыванию разных сортов клевера паннонского отечественной селекции (Премьер, Аник и Снежок) показали, что этот вид клевера может быть использован в кормопроизводстве, садово-парковом хозяйстве и в качестве фитомелиоранта нарушенных земель, в том числе при залужении эрозионно опасных склонов и рекультивации участков угледобычи.

Пластичность клевера паннонского позволила ему приспособиться к агроклиматическим условиям разных регионов России, в том числе лесостепи Западной Сибири, и давать высокий, гарантированный урожай семян, несмотря на суровые зимы и короткий вегетационный сезон. Морфологическое строение клевера паннонского с очень мощной и глубоко проникающей корневой системой, многостебельная и бокаловидная форма куста с крупными листьями и соцветиями, даёт основание говорить о высокой конкурентоспособности данной культуры в отношении видов природной флоры (в том числе корневищных злаков), а также позволяет рассматривать этот вид как перспективное почвоукрепляющее растение. Минеральные удобрения и другие средства химизации оказывают положительное влияние на рост и развитие клевера паннонского: повышается полевая всхожесть, сохранность растений, зимостойкость, симбиотическая и фотосинтетическая активность, семенная продуктивность и сбор кормовой массы. По составу основных питательных веществ клевер паннонский не уступает традиционно возделываемому клеверу луговому, а при позднем скашивании – даже превосходит его. Культура устойчива к поражению возбудителями мучнистой росы, ржавчины, стемфилиоза, церкоспороза и бурой пятнистости. Подсев клевера паннонского в естественные луговые сообщества позволяет повысить урожайность и питательную ценность травостоя. Таким образом, клевер паннонский является новой, перспективной кормовой культурой в России и может быть рекомендован для создания высокопродуктивных агроценозов и как фитомелиорант нарушенных земель.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИПА СО РАН за помощь как в проведении полевых исследований (д.б.н. Танасиенко А.А., к.б.н. Смирнова Н.В., к.б.н. Чумбаев А.С.), так и в выполнении аналитических работ (Бугровская Г.А., Кривчун А.Ю.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамова Г.К.* Долговечность клевера розового в зависимости от условий выращивания // *Вестник сельскохозяйственной науки.* 1965. № 2. С. 19-22.
2. *Багаутдинова Р.И.* *Фотосинтез, рост и продуктивность клевера паннонского разных лет жизни* // *Рост, развитие и продуктивность травянистых кормовых растений.* Свердловск, 1987. С. 105-112.

3. Белинский О.А. *Клевер паннонский – перспективная кормовая культура / Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. статей в 3 кн. Книга 2. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет», Барнаул, 2016. С. 26-29.*
4. Белинский О.А., Нурлыгаянов Р.Б., Боярский А.В. *Клевер паннонский в травосмеси в условиях северной лесостепи Западной Сибири // Вестник Кемеровского государственного сельскохозяйственного института. 2016. № 6. С. 44-49.*
5. Белинский О.А., Боярский А.В., Нурлыгаянов Р.Б. *Влияние способов посева на урожайность и питательность посевов клевера паннонского // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (361). С. 27-30. doi: 10.24411/2587-6740-2018-11007*
6. Бобров Е.Г. *Виды клеверов СССР // Флора и систематика высших растений. М.; Л.: Наука, 1947. Вып. 6. С. 164-131.*
7. Боголюбова Е.В. *Сезонное развитие клевера паннонского (Trifolium pannonicum Jacq.) в лесостепи Западной Сибири // Труды VIII Междунар. конф. по морфологии растений, посвящённой памяти Ивана Григорьевича и Татьяны Ивановны Серебряковых (Москва, 12-16 ноября 2009 г.). М.: МГПУ, 2009а. Т. 1. С. 62-65.*
8. Боголюбова Е.В. *Создание долголетних агроценозов на основе интродуцированных видов клевера в лесостепной зоне Западной Сибири // Интродукция растений: Теоретические, методические и прикладные проблемы: матер. Междунар. конф. (Йошкар-Ола, 10-14 сентября 2009 г.). Йошкар-Ола: Марийский государственный университет, 2009б. С. 261-264.*
9. Боголюбова Е.В. *Сравнительное изучение смешанных травостоев клевера лугового и клевера паннонского со злаками // Научное обеспечение кормопроизводства России: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 100-летию ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. М.: ВИК, 2012. С. 369-376.*
10. Боголюбова Е.В. *Луговые агроценозы на основе клевера паннонского (Trifolium pannonicum Jacq.) в Приобской лесостепи // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: матер. V Междунар. науч. конф. (Томск, 20-22 октября 2015 г.). Томск: Издательский Дом ТГУ, 2015. С. 102-104.*
11. Боголюбова Е.В. *Динамика видового состава и продуктивности разнотравно-мятликового луга при подсеве Trifolium pannonicum Jacq. в Приобской лесостепи // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: матер. VI Междунар. науч. конф. (Томск, 24-26 октября 2017 г.). Томск: Издательский Дом ТГУ, 2017. С. 31-33. eLIBRARY ID: 36355363*
12. Боголюбова Е.В. *Особенности возделывания клевера паннонского Премьер в Западной Сибири // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: сб. трудов матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 25 октября-23 ноября 2018 г.). Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2018. С.136-139.*
13. Боголюбова Е.В. *Инвазионная активность Trifolium pannonicum Jacq. в лесостепи Приобья // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. № 18. С. 206-209. doi: 10.14258/pbssm.2019042*
14. Боголюбова Е.В., Агаркова З.В. *Сорт клевера паннонского Премьер // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 2. С. 26-32.*
15. Боголюбова Е.В., Коняева Н.М. *Качество семян клевера паннонского Премьер в условиях Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 3. С. 34-42. doi: 10.26898/0370-8799-2018-3-5*
16. Боярский А.В., Белинский О.А. *Травосмеси с клевером паннонским в условиях северной лесостепи Западной Сибири // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2014. № 5. С. 111-115.*
17. *Возделывание клевера паннонского в лесостепной зоне Западной Сибири: методические рекомендации / Кашеваров Н.И., Боголюбова Е.В., Нурлыгаянов Р.Б., Боярский А.В., Белинский О.А. Под ред. академика РАН Н.И. Кашеварова. Кемерово, 2018. 34 с.*
18. Галиуллин А.А. *Продуктивность клевера паннонского в зависимости от способов посева в Среднем Поволжье // Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. Алтухов А.И., Силаева Л.П. и др. Под общей ред. Л.Б. Винничек, А.А. Галиуллина. Пенза, 2017а. С. 150-165.*
19. Галиуллин А.А. *Фитомелиоративная роль клевера паннонского на выщелоченном черноземе // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сб. статей XII Междунар. науч.-практ. конф. Под общей ред. А.В. Носова (Пенза, 23-24 января 2017 г.). Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017б. С. 11-15.*
20. Гогмачадзе Г.Д. *Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации / предисл. и общая ред. проф. Д. М. Хомякова. М.: Издательство Московского университета, 2011. 272 с.*
21. Грипась М.Н., Арзамасова Е.Г., Попова Е.В. *Интродукция клевера паннонского (Trifolium pannonicum Jacq.) в условиях европейского Северо-Востока России // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Владикавказ, 18 февраля 2017 г.). Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2017. С. 108-110.*
22. Жмудь Е.В. *Биоморфологические особенности и ритмы развития двух популяций Trifolium pannonicum Jacq., выращиваемого в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (г. Новосибирск) // Растительные ресурсы. 1995. Вып. 3. С. 65-73.*

23. Жмудь Е.В. *Интродукция Trifolium pannonicum Jacq в лесостепь Западной Сибири*. Автореф. дис. ... к.б.н. Новосибирск, 1997. 15 с.
24. Жмудь Е.В. Онтогенез *Trifolium pannonicum Jacq* в условиях интродукции в лесостепи Западной Сибири // *Бюллетень Главного ботанического сада*. Москва: Наука, 2000. Вып. 179. С. 98-103.
25. Жуковский П.М. *Культурные растения и их сородичи*. Л.: Колос, 1971. 663 с.
26. Ильина Е.А. *Рост, развитие и продуктивность клевера паннонского (Trifolium pannonicum Jacq.) как показатель успешной интродукции на Среднем Урале* // Онтогенез травянистых поликарпических растений. Свердловск, 1986. С. 15-170.
27. *Классификация и диагностика почв России* / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
28. Красноперов А.Г., Буянкин Н.И., Чекстер Н.Ю. Новый вид клевера (*Trifolium pannonicum Jacq.*) для кормопроизводства Калининградской области // *Кормопроизводство*. 2018. № 7. С. 25-30.
29. Кишикаткина А.Н. *Клевер паннонский*. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. 318 с.
30. Кишикаткина А.Н. Влияние покровных культур и сроков их уборки на формирование семенной продуктивности клевера паннонского (*Trifolium pannonicum Jacq.*) // *Земледелие*. 2016. № 8. С. 39-41.
31. Кишикаткина А.Н. Конкурентоспособность клевера паннонского в поливидовых агроценозах // *Нива Поволжья*. 2017. № 4 (45). С. 99-104.
32. Кишикаткина А.Н., Аленин П.Г., Кишикаткин С.А., Воронова И.А. Агрэкологические аспекты применения баковых смесей гербицидов совместно с препаратами Альбит и Силиплант на семенных посевах клевера паннонского // *Земледелие*. 2016. № 7. С. 45-48.
33. Кишикаткина А.Н., Галиуллин А.А. Семенная продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum Jacq.*) в зависимости от способов посева в лесостепи Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2017. № 1 (42). С. 32-38.
34. Кишикаткина А.Н., Галиуллин А.А., Куликов Д.И. Некоторые итоги изучения клевера паннонского (*Trifolium pannonicum Jacq.*) при интродукции в Среднем Поволжье // *Нива Поволжья* 2009. № 3. С. 70-79.
35. Кишикаткина А.Н., Горбунов М.В. Ресурсосберегающая технология возделывания клевера паннонского на выщелоченном черноземе Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2016. № 2 (39). С. 35-40.
36. Кишикаткина А.Н., Гришин Г.Е., Горбунов М.В. Формирование бобово-ризобияльного симбиоза клевера паннонского сорта Аник в зависимости от приемов возделывания // *Нива Поволжья*. 2016. № 3 (40). С. 39-48.
37. Кишикаткина А.Н., Гришин Г.Е., Терехин И.С. Эффективность многолетних бобово-злаковых травосмесей с включением клевера паннонского в кормопроизводстве Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2014. № 3 (32). С. 31-36.
38. Кишикаткина А.Н., Игнатъев А.С. Влияние покровных культур на продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum Jacq.*) в лесостепи Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2012. № 3 (24). С. 2-8.
39. Кишикаткина А.Н., Москвин А.И. Диверсификация нетрадиционных растений – важнейший фактор устойчивого развития кормопроизводства // *Нива Поволжья*. 2016. № 3 (40). С. 49-60.
40. Кишикаткина А.Н., Рафикова Г.Р. Влияние некорневой подкормки регуляторами роста и комплексными удобрениями на продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum Jacq.*) // *Нива Поволжья*. 2012. № 3 (24). С. 9-13.
41. Кишикаткина А.Н., Семенчев А.В. Продуктивность клевера паннонского (*Trifolium pannonicum Jacq.*) в зависимости от уровня минерального питания в условиях Среднего Поволжья // *Нива Поволжья*. 2013. № 2 (27). С. 54-60.
42. Кудинов М.А., Кухарева Л.В. *Новые высокобелковые кормовые растения в Белоруссии*. Минск: Наука и техника, 1985. 61 с.
43. Кузнецова Г.В., Пленник Р.Я., Рябой Ю.С. Интродукция клевера паннонского в лесостепь Западной Сибири // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 1986. № 6. С. 42-45.
44. Купенко Н.П., Остапко И.Н. *Интродукция клевера паннонского (Trifolium pannonicum Jacq.) в Донецкий ботанический сад* // Матер. VIII Всерос. симпоз. по новым кормовым растениям. Сыктывкар, 1993. С. 92-93.
45. Ларин И.В., Агабабян Ш.М., Работнов Т.А. *Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР*. Т. 2. М.-Л.: Сельхозгиз, 1951. 688 с.
46. Лепкович И.П., Спиридонов А.М. Перспективы использования луговых бобовых растений на Северо-Западе России // *Аграрная Россия*. 2017. № 8. С. 7-11.
47. Ломова Т.Г., Боголюбова Е.В., Агаркова З.В. Качественные корма из клевера паннонского Премьер // *Эффективное животноводство*. 2016. № 3 (124). С. 24-26.
48. Макарова Г.И. *Многолетние кормовые травы Сибири*. Новосибирск: Зап.-Сиб. книжн. изд-во, 1974. 248 с.
49. Мухина Н.А., Шестиперова З.И. *Клевер*. Л.: Колос, 1978. 168 с.
50. Нечаева Т.В., Быкова С.Л. Роль агрохимии в условиях современного земледелия в России // *Живые и биокосные системы*. 2014. № 7.
51. Нурлыгаянов Р.Б. Урожайность зеленой массы клевера паннонского в травосмеси в условиях лесостепи Кемеровской области // *Сурский вестник*. 2018. № 3 (3). С. 25-28.

52. Нурлыгаянов Р., Белинский О. Кормопроизводство в Кемеровской области: состояние, проблемы и перспективы развития // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2016. № 4. С. 32-33.
53. Пленник Р.Я. Бобовые и злаковые растения природной флоры в восстановлении нарушенных и техногенных земель и вопросы их семеноводства // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 1995. № 3-4. С. 57-61.
54. Пленник Р.Я. Природный генофонд бобовых Сибири и пути микроэволюции видов в связи с экологией и интродукцией // *Сибирский экологический журнал*. 1997. № 1. С. 39-44.
55. Привалова К.Н. Продуктивность долголетних травостоев с клевером ползучим // *Кормопроизводство*. 2004. № 2. С. 5-7.
56. Сергеев П.А., Харьков Г.Д., Новоселова А.С. *Культура клевера на корм и семена*. М.: Колос., 1973. 258 с.
57. Сычев В.Г., Лунёв М.И., Павличина А.В. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России // *Плодородие*. 2012. № 4. С. 5-7.
58. Терехин И.С. Приемы повышения продуктивности многолетних травосмесей в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Дисс. ... к.с.-х.н. Пенза, 2014. 134 с.
59. Тюлин В.А., Лазарев Н.Н., Иванова Н.Н., Вагунин Д.А. *Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья*. Тверь: Тверская ГСХА, 2014. 234 с.
60. *Химический состав и питательность кормов Западной Сибири* / Под ред. И.И. Филатова и Р.П. Митяковой. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1982. 240 с.
61. Храмова Е.П., Боголюбова Е.В., Кукушкина Т.А., Шалдаева Т.М., Зверева Г.К. Фитохимическая характеристика и антиоксидантные свойства *Trifolium pannonicum* Jacq. сорта Премьер в лесостепи Западной Сибири // *Химия растительного сырья*. 2020. № 2. С. 149-158. doi: [10.14258/jcprm.2020026023](https://doi.org/10.14258/jcprm.2020026023)
62. Шевцов А.А., Дранников А.В., Дерканосова А.А., Коротаева А.А. Вегетативная масса растений, как нетрадиционный источник протеина // *Актуальная биотехнология*. 2013. № 1 (4). С. 38-40.
63. Якутина О.П., Боголюбова Е.В., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В., Танасиенко А.А., Чумбаев А.С. Возделывание клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* Jacq.) на юге Западной Сибири // *АгроЭкоИнфо*. 2018. № 3 (33). С. 55.
64. Petrovic M.P., Stankovic M.S., Andelkovic B.S., Babic S.Z., Zornic V.G., Vasiljevic S.L., Dajic-Stevanovic Z.P. Quality parameters and antioxidant activity of tree clover species in relation to the livestock diet // *Not Bot HortiAgrobo*. 2016. 44 (1). P. 201-208. doi: [10.15835/nbha44110144](https://doi.org/10.15835/nbha44110144)
65. Vymyslicky T. Minor forage legume crop genetic resources // *Legume Perspectives*. 2015. 6. P. 9-10.

Поступила в редакцию 09.10.2020

Принята 27.10.2020

Опубликована 11.11.2020

#### Сведения об авторах:

**Нечаева Таисия Владимировна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

**Якутина Ольга Петровна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [oyakutina@issa-siberia.ru](mailto:oyakutina@issa-siberia.ru)

**Боголюбова Елена Васильевна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сенокосов и пастбищ Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН (п. Краснообск, Новосибирская область, Россия); [elenabogolyubova@yandex.ru](mailto:elenabogolyubova@yandex.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



**HUNGARIAN CLOVER (*TRIFOLIUM PANNONICUM* JACQ.) – PERSPECTIVE FORAGE CROP AND PHYTOMELIORANT (LITERARY REVIEW)**

© 2020 T.V. Nechaeva <sup>1</sup>, O.P. Yakutina<sup>1</sup>, E.V. Bogolyubova<sup>2</sup>

Address: <sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru), [oyakutina@issa-siberia.ru](mailto:oyakutina@issa-siberia.ru)

<sup>2</sup>Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology RAN, Krasnoobsk, Russia.  
E-mail: [elenabogolyubova@yandex.ru](mailto:elenabogolyubova@yandex.ru)

*The aim of the study is to present a review of the general characteristics and cultivation of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) as a forage crop and phytomeliorant in different regions of Russia based on literature data and own experiments.*

*Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) is a perennial legume plant with a natural area of distribution in the countries of Western and Eastern Europe, the northern part of the Balkan Peninsula. The crop is characterized by good adaptability to new ecological and geographical conditions, high winter hardiness, drought resistance, stable seed yield, low susceptibility to diseases and pests, productive longevity (10-15 years), decorativeness, especially during the flowering period (Fig. 1, 4). Fodder from Hungarian clover (hay, haylage and silage) is of excellent or good quality, and the most valuable fodder is obtained when the crop is mown in the budding phase (Table 7-8). At this time, the plants are well leafy, have tender stems and the biggest content of nutrients in the forage mass. These advantages opened up the prospect of the introduction and use of Hungarian clover in different regions of Russia, including the Middle Urals, the Non-Chernozem zone of the country, the Middle Volga region and the south of Western Siberia.*

*In Russia, three varieties of Hungarian clover have been created and best studied: Premier (originators - Siberian Research Institute of Forages and Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk), Anik (Penza State Agricultural Academy), Snezhok (Zonal Research Institute of the North-East named after N.V. Rudnitsky, Kirov). These varieties are included in the state register for testing and protection of breeding achievements of the Russian Federation, have successfully proven themselves in fodder production and gardening, as well as a phytomeliorant of disturbed lands, including when regrassing erosion dangerous slopes and restoration of coal mining sites.*

*Analysis of the literature and our own data showed that the plasticity of Hungarian clover allowed it to adapt to the agro-climatic conditions of different regions of Russia, in particular the forest-steppe of Western Siberia, and to give a high, guaranteed seed yield, despite the harsh winters and a short growing season. The morphological structure of Hungarian clover with a very powerful and deeply penetrating root system, multi-stemmed and goblet-shaped bush with large leaves and inflorescences (Fig. 2-3; Table 1-2), gives reasons to speak of the high competitiveness of this crop in relation to the species of natural flora (including rhizome grasses), and also allows us to consider this plant as a promising soil-strengthening plant. Mineral fertilizers (Table 6) and other means of chemicalization have a positive effect on the growth and development of Hungarian clover: field germination, winter hardiness, symbiotic and photosynthetic activity, seed productivity and fodder harvest increase. In terms of the content and set of the main nutrients, Hungarian clover is not inferior to the traditionally cultivated Red clover, and even surpasses it with late mowing. The crop is resistant to pathogens as *Erysiphe communis* (Wallr.) Grew, *Cercospora zebrina* Pass, *Stemphylium sarciniforme* Wiltsh, *Pseudopeziza trifolii* Fuck, *Uromyces fallens* (Desm.) Kem. It is possible to sow Hungarian clover in spring and summer (Table 9).*

*The summer sowing period (mid-July) is preferable to use when the field is heavily infested, which allows several presowing cultivations. The wide-row sowing method is inferior in productivity to the row sowing (Fig. 8-9), but it should be noted that the first method is preferable for two main reasons: inter-row cultivation can be carried out and the plants are less prone to lodging than with row sowing with a shoot height of more than 85 cm. Hungarian clover sowing in natural meadow communities allows to increase the yield and nutritional value of the grass stand (Table 4-5; Fig. 5, 7). For example, when the Hungarian clover of the variety Premier is sown into a natural meadow community dominated by an active cenosis-forming agent, *Poa angustifolia* L., clover remains in the herbage for more than 16 years with a share of at least 50%. Thus, Hungarian clover is a new, promising forage crop in Russia and can be recommended for the creation of highly productive, long-term agrocenoses and as a phytomeliorant of disturbed lands.*

**Key words:** varieties of Hungarian clover; periods of vegetation; yield; seed productivity; grass mixtures; fertilizers; illness; chemical composition; agricultural technology; meadow agrocenoses

**How to cite:** Nechaeva T.V., Yakutina O.P., Bogolyubova E.V. Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) - perspective forage crop and phytomeliorant (literary review) // *The Journal of Soils and Environment*. 2020. 3(1). e115. doi: [10.31251/pos.v3i1.115](https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.115) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

1. Abramova G.K. The duration of the useful life of alsike clover in depends of the conditions of its growing, *Bulletin of agricultural science*, 1965, No 2, p. 19-22. (in Russian)
2. Bagautdinova R.I. *Photosynthesis, growth and productivity of Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) in different years of life*. In book: Growth, evolution and productivity of herbaceous forage plants. Sverdlovsk, 1987. p. 105-112. (in Russian)
3. Belinsky O.A. *Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) - the perspective forage crop*. In book: Agrarian science - agriculture. Publishing House of Altai State Agrarian University, Barnaul, 2016. p. 26-29. (in Russian)
4. Belinsky O.A., Nurlygayanov R.B., Boyarsky A.V. Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) in the grass mixture in the northern forest-steppe conditions of Western Siberia, *Bulletin of Kuzbass State Agricultural Academy*, 2016, No 6, p. 44-49. (in Russian)
5. Belinsky O.A., Boyarsky A.V., Nurlygayanov R.B. Influence the sowing methods on yield and nutritional value of Hungarian clover (*Trifolium Pannonicum* Jacq.), *International Agricultural Journal*, 2018, No 1 (361), p. 27-30. doi: [10.24411/2587-6740-2018-11007](https://doi.org/10.24411/2587-6740-2018-11007) (in Russian)
6. Bobrov E.G. *Types of clovers of the USSR*. In book: Flora and taxonomy of higher plants. M.; L.: Nauka Publ., 1947. Vol. 6. p.164-131. (in Russian)
7. Bogolyubova E.V. *Seasonal development of Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) in the forest-steppe of Western Siberia*. In book: Proceedings VIII Int. Sci. Conf. on plant morphology. (Moscow, November 12-16, 2009). M.: MGPU Publ., 2009a, Vol. 1, p. 62-65. (in Russian)
8. Bogolyubova E.V. *The long-term agrocenoses creation on the introduced clover species basis in forest-steppe of Western Siberia*. In book: Plant introduction: Theoretical, methodological and applied problems. Proc. of the Int. Conf. (Yoshkar-Ola, September 10-14, 2009). Yoshkar-Ola: Publishing House of Mari state university, 2009b, p. 261-264. (in Russian)
9. Bogolyubova E.V. *Comparative studying of Red clover and Hungarian clover in mixture with grasses*. In book: Scientific support of forage production in Russia Proc. of the Int. Sci. Conf. M.: VIK, 2012, p. 369-376. (in Russian)
10. Bogolyubova E.V. *Meadow agrocoenoses on Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) basis in the River-Ob forest-steppe area*. In book: Study problems of Siberia vegetation cover: Proc. of the V Int. Sci. Conf. (Tomsk, 20-22 October, 2015). Tomsk: Publishing House of TGU, 2015. p. 102-104. (in Russian)
11. Bogolyubova E.V. *Species composition and productivity dynamics of the herb-grass meadow with a sowing Trifolium pannonicum Jacq. in the River-Ob forest-steppe area*. In book: Study problems of Siberia vegetation cover: Proc. of the VI Int. Sci. Conf. (Tomsk, 24-26 October, 2017). Tomsk: Publishing House of TGU, 2017. p. 31-33. eLIBRARY ID: [36355363](https://elibrary.ru/36355363) (in Russian)
12. Bogolyubova E.V. *Cultivation peculiarities of Hungarian clover Premier in Western Siberia*. In book: Forage production, productivity, longevity and animal welfare. Proc. of the Int. Sci. Conf. (Novosibirsk, 25 October - 23 November, 2018). Novosibirsk: IZ NGAU «Zolotoy kolos», 2018, p.136-139. (in Russian)
13. Bogolyubova E.V. *The invasion activity of Trifolium pannonicum Jacq. in the River-Ob*. Problems of botany of South Siberia and Mongolia. 2019, No 18, p. 206-209. doi: [10.14258/pbssm.2019042](https://doi.org/10.14258/pbssm.2019042) (in Russian)
14. Bogolyubova E.V., Agarkova Z.V. Premier cultivar of Hungarian clover, *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2014, No 2, p. 26-32. (in Russian)
15. Bogolyubova E.V., Konyaeva N.M. Seed quality of Premier cultivar of Hungarian clover in the conditions of Western Siberia, *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018. Vol. 48. No 3. p. 34-42. doi: [10.26898/0370-8799-2018-3-5](https://doi.org/10.26898/0370-8799-2018-3-5) (in Russian)
16. Boyarsky A.V., Belinsky O.A. Grass mixtures with Hungarian clover (*Trifolium pannonicum* Jacq.) in the conditions of northern forest-steppe in Western Siberia, *Agricultural sciences and agro-industrial complex at the turn of the century*, 2014, No 5. p. 111-115. (in Russian)
17. *Cultivation of Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) in the forest-steppe of Western Siberia: guidelines*. Kashevarov N.I., Bogolyubova E.V., Nurlygayanov R.B., Boyarsky A.V., Belinsky O.A. Ed. Kashevarov N.I. Kemerovo, 2018. 34 p. (in Russian)
18. Galiullin A.A. *Productivity of Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) in depending on way of seeding in the Middle of Volga region*. In book: Problems and perspectives of agro-industrial production Altukhov A.I., Silaeva L.P. et al. Ed. Vinnichek L.B., Galiullin A.A. Penza, 2017a, p. 150-165. (in Russian)
19. Galiullin A.A. *Phytomeliorative role of clover Pannonian on leached Chernozem*. In book: Agro-industrial complex: conditions, problems, perspectives Agro-industrial complex: state, problems, perspectives. Proc. of the XII Int. Sci. Conf. (Penza, January 23-24, 2017). Nosova A.V. (ed.). Penza. Publisher: Publishing House of PGAU, 2017b. p. 11-15. (in Russian)

20. Gogmachadze G.D. *Degradation of soils: reasons, consequences, ways of decrease and liquidation*. Prof. Khomyakov D.M. (foreword and ed.) M.: Moscow University Publishing House, 2011. 272 p. (in Russian)
21. Gripas M.N., Arzamasova E.G., Popova E.V. *Introduction of Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) in conditions of the European part of the northerneast of Russia*. In book: Actual and new directions in selection and seed production of agricultural crops Proc. of the Int. Sci. Conf. (Vladikavkaz, February 18, 2017). Vladikavkaz: Publishing House of Gorsky GAU, 2017, p. 108-110. (in Russian)
22. Zhmud E.V. Bio morphological features and rhythms of two *Trifolium pannonicum Jacq.* populations farmed in the Central Siberian Botanical Garden SB RAS (Novosibirsk), *Rastitelnye resursy, 1995. Vol. 3. p. 65-73.* (in Russian)
23. Zhmud E.V. *Introduction of Trifolium pannonicum Jacq. to the forest-steppe of Western Siberia*. Abstract of Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Novosibirsk, 1997. 15 p. (in Russian)
24. Zhmud E.V. Ontogenesis of *Trifolium pannonicum Jacq.* under introduction in forest-steppe zone in West Siberia, *Bulletin of the Main Botanical Garden. Iss. 179. M.: Nauka, 2000. P. 98-103.* (in Russian)
25. Zhukovsky P.M. *Cultivated plants and their relatives*. L.: Kolos Publ., 1971, 663 p. (in Russian)
26. Ilyina E.A. *Grow, evolution and productivity of Hungarian clover (Trifolium pannonicum Jacq.) as indicator of successful introduction in the Middle Ural*. In book: Ontogenesis of herbaceous polycarpic plants Sverdlovsk, 1986, p. 15-170. (in Russian)
27. *Classification and diagnostics of Soils of the USSR* / Compiled by: V.V. Egorov, V.M. Friedland, E.N. Ivanova, N.N. Rozova, V.A. Nosin, T.A. Friev. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian)
28. Krasnoperov A.G., Buyankin N.I., Chekster N. Yu. New clover species (*Trifolium pannonicum Jacq.*) for feed production in the Kaliningrad region, *Fodder Production, 2018, No 7, p. 25-30.* (in Russian)
29. Kshnikatkina A.N. *Clover pannonian*. Penza: RIO Penza SAA Publ., 2015, 318 p. (in Russian)
30. Kshnikatkina A.N. Influence of cover crops and of harvesting terms on formation of seed productivity of *Trifolium pannonicum Jacq.*, *Zemledelie, 2016, No 8, p. 39-41.* (in Russian)
31. Kshnikatkina A.N. The competitiveness of clover pannonian in the mixed agrocenoses, *Niva Povolzhya, 2017, No 4 (45), p. 99-104.* (in Russian)
32. Kshnikatkina A.N., Alenin P.G., Kshnikatkin S.A., Voronova I.A. Agro-ecological aspects of application of herbicide tank mixtures together with the preparations Albit and Siliplant on seed crops of Hungarian clover, *Zemledelie, 2016, No 7, p. 45-48.* (in Russian)
33. Kshnikatkina A.N., Galiullin A.A. Seed productivity of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum Jacq.*) depending on sowing method in forest-steppe of Middle Volga region, *Niva Povolzhya, 2017, No 1 (42). p. 32-38.* (in Russian)
34. Kshnikatkina A.N., Galiullin A.A., Kulikov D.I. Some results of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum Jacq.*) research during the introduction in the Middle Volga region, *Niva Povolzhya, 2009, No 3, p. 70-79.* (in Russian)
35. Kshnikatkina A.N., Gorbunov M.V. Resource-saving cultivation technology of clover pannonian on leached black soils of Middle Volga region, *Niva Povolzhya, 2016, No 2 (39). p. 35-40.* (in Russian)
36. Kshnikatkina A.N., Grishin G.Ye., Gorbunov M.V. Formation of legime-rhizobium symbiosis of clover pannonian variety Anik depending on methods of cultivation, *Niva Povolzhya, 2016, No 3(40), p. 39-48.* (in Russian)
37. Kshnikatkina A.N., Grishin G.E., Teryokhin I.S. Efficiency of perennials of legume-cereal mixtures with the inclusion of clover pannonian in fodder in fodder production of Middle Volga area, *Niva Povolzhya, 2014, No 3 (32), p. 31-36.* (in Russian)
38. Kshnikatkina A.N., Ignatev A.S. Influence of cover crops on the productivity of the Pannonicum clover (*Trifolium Pannonicum Jacq.*) in the forest steppe zone of the Middle Volga region, *Niva Povolzhya, 2012, No 3 (24), p. 2-8.* (in Russian)
39. Kshnikatkina A.N., Moskvina A.I. Diversification of non-traditional crops is the essential factor for sustainable development of fodder production, *Niva Povolzhya, 2016, No 3 (40), p. 49-60.* (in Russian)
40. Kshnikatkina A.N., Rafikova G.R. Influence of spray nutrition by plant growth regulators, complex fertilizers on productivity of *Trifolium pannonicum Jacq.*, *Niva Povolzhya, 2012, No 3 (24), p. 9-13.* (in Russian)
41. Kshnikatkina A.N., Semenchev A.V. Clover productivity (*Trifolium pannonicum Jacq.*) according to the mineral nutrition in the conditions of Middle Volga area, *Niva Povolzhya, 2013. No 2 (27), p. 54-60.* (in Russian)
42. Kudinov M.A., Kukhareva L.V. *New high protein forage plants in Belorussia*. Minsk: Science and technology Publ., 1985, 61 p. (in Russian)
43. Kuznetsova G.V., Plennik R.Ya., Ryaboy Yu.S. Introduction of Hungarian clover (*Trifolium pannonicum Jacq.*) to the forest-steppe of Western Siberia, *Siberian Herald of Agricultural Science, 1986, No 6, p. 42-45.* (in Russian)
44. Kupenko N.P., Ostapko I.N. *Introduction of Hungarian clover (Trifolium Pannonicum Jacq.) to Donetsk botanical garden*. Proc. of the VIII Rus. Sci. Symp. for new fodder plants. Syktyvkar, 1993, p. 92-93. (in Russian)
45. Larin I.V., Agababyan Sh.M., Rabotnov T.A. *Fodder plants of hayfields and pastures in the USSR*. Vol. 2. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz Publ., 1951. 688 p. (in Russian)
46. Lepkovich I.P., Spiridonov A.M. Prospects for the use of meadow legumes in the North-West of Russia, *Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia), 2017, No 8, p. 7-11.* (in Russian)

47. Lomova T.G., Bogolyubova E.V., Agarkova Z.V. Valuable fodder made from Hungarian clover (*Trifolium Pannonicum Jacq.*) Premier, *Effektivnoye zhivotnovodstvo*, 2016, No 3 (124), p. 24-26. (in Russian)
48. Makarova G.I. *Perennial fodder grasses of Siberia*. Novosibirsk: Zap.-Sib. Publ. House, 1974. 248 p. (in Russian)
49. Mukhina N.A., Shestiperova Z.I. *Clover*. L.: Kolos Publ., 1978, 168 p. (in Russian)
50. Nechaeva T.V., Bykova S.L. The role of agrochemistry in the conditions of modern agriculture in Russia, *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2014, No 7. (in Russian)
51. Nurlygayanov R.B. The yield of green mass of clover in the pannonian mixtures of the Kemerovo region, *Sursky Bulletin*, 2018, No 3 (3), p. 25-28. (in Russian)
52. Nurlygayanov R., Belinsky O. Feed production in Kemerovo region: situation, problems and perspectives of up grow, *International Agricultural Journal*, 2016, No 4, p. 32-33. (in Russian)
53. Plennik R. Ya. Legumes and grasses of natural flora in the restoration of disturbed and technogenic lands and issues of their seed production, *Siberian Herald of Agricultural Science*, 1995. No 3-4, p. 57-61. (in Russian)
54. Plennik R. Ya. Native genes fund of Siberian legumes and ways of micro-evolution of species in connection with ecology and introduction, *Sibirskij ekologicheskiy zhurnal*, 1997, № 1, p. 39-44. (in Russian)
55. Privalova K.N. Productivity of long-term herbage with white clover (*Trifolium repens L.*), *Fodder Production*, 2004, No 2, p. 5-7. (in Russian)
56. Sergeev P.A., Kharkov G.D., Novoselova A.S. *Clover culture for fodder and seeds*. M.: Kolos Publ., 1973, 258 p. (in Russian)
57. Sychev V.G., Lunev M.I., Pavlikhina A.V. Current state and dynamics of arable land fertility in Russia, *Plodorodie*, 2012, No 4, p. 5-7. (in Russian)
58. Terekhin I.S. *Methods of productivity increase of perennial grass mixtures in the forest-steppe of the Middle Volga region*. Diss. ... Cand. of Agr. Sci. Penza, 2014. 134 p. (in Russian)
59. Tyulin V.A., Lazarev N.N., Ivanova N.N., Vagunin D.A. *Long-term perennial legumes in agricultural landscape of non-chermozem area of Russia*. Tver: Tver SAA Publ., 2014, 234 p. (in Russian)
60. *Chemical composition and nutritional value of fodder crops in Western Siberia* / Ed. I.I. Под ред. I.I. Filatov, R.P. Mityakova. Novosibirsk: Zap.-Sib. publ. house, 1982, 240 p. (in Russian)
61. Khranova Ye.P., Bogolyubova Ye.V., Kukushkina T.A., Shaldayeva T.M., Zvereva G.K. Phytochemical study of *Trifolium pannonicum Jacq.* in the forest-steppe of Western Siberia, *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, No. 2, p. 149-158. doi: 10.14258/jcprm.2020026023 (in Russian)
62. Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A. Vegetative mass of plants, as untraditional source of protein, *Actual biotechnology*, 2013, No 1 (4), p. 38-40. (in Russian)
63. Yakutina O., Bogolyubova E., Nechaeva T., Smirnova N., Tanasienko A., Chumbaev A. Assessment of fertility of soils under cultivation of hungarian clover (*Trifolium pannonicum Jacq.*) in the south of West Siberia, *AgroEcoInfo*, 2018, No 3 (33), p. 55. (in Russian)
64. Petrovic M.P., Stankovic M.S., Andelkovic B.S., Babic S.Z., Zornic V.G., Vasiljevic S.L., Dajic-Stevanovic Z.P. Quality parameters and antioxidant activity of tree clover species in relation to the livestock diet, *Not Bot HortiAgrobo*, 2016, 44 (1), p. 201-208. doi: 10.15835/nbha44110144
65. Vymyslicky T. Minor forage legume crop genetic resources, *Legume Perspectives*, 2015, 6, p. 9-10.

Received 09 October 2020

Accepted 27 October 2020

Published 11 November 2020

#### About the authors:

**Nechaeva Taisia V.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [nechaeva@issa-siberia.ru](mailto:nechaeva@issa-siberia.ru)

**Yakutina Olga P.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [oyakutina@issa-siberia.ru](mailto:oyakutina@issa-siberia.ru)

**Bogolyubova Elena V.** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher in the Laboratory of Haylands and pastures in the Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnology RAN (Krasnoobsk, Russia); [elenabogolyubova@yandex.ru](mailto:elenabogolyubova@yandex.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



## ЗАРАЗИТЕЛЬНОЕ РЯДОМ: О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ МЕТОДОЛОГИИ И ТЕРМИНОЛОГИИ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

© 2020 О. А. Савенков , Н. Б. Наумова 

Адрес: ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г. Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [savenkov@issa-siberia.ru](mailto:savenkov@issa-siberia.ru)

*В статье рассмотрены примеры некорректных методологических подходов и терминологической практики в почвенных исследованиях и публикациях. Авторы обращают внимание на чрезмерность употребления словосочетания «статистически значимый», нечеткость химического и терминологического определений гумуса, непонятность цели оценки стехиометрии органического вещества на основе отношения массовых долей элементов, интерпретацию эмпирических уравнений регрессии как описывающих концептуальную зависимость, принципиальную невозможность оценивать численность почвенных бактерий и особенно микроскопических грибов путем подсчета колоний на питательных средах. На основании приведенных примеров авторы приходят к заключению, что благодаря простоте и объему современных информационных потоков роль коммуникационных отношений в процессе оценки истинности результатов той или иной единицы научного познания будет только повышаться. Это значительно увеличит негативные аспекты воздействия консенсуальности в науке и в особенности в науке о почве, ведь почва является одним из наиболее сложных природных образований.*

**Ключевые слова:** методология науки; статистическая значимость; гумус; фракционный состав; стехиометрия; численность почвенных микроорганизмов; активная биомасса почвенных микроорганизмов

**Цитирование:** Савенков О.А., Наумова Н.Б. Заразительное рядом: о некоторых аспектах методологии и терминологии почвенных исследований и публикаций // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 1. e109. doi: 10.31251/pos.v3i1.109

Под давлением необходимости публиковать больше и одновременно лучше<sup>1</sup> у исследователей остается меньше времени на обдумывание методологии, методики, терминологии и других аспектов своей работы. Многие фразы и слова, в том числе термины и определения, как известно, имеют различное значение при употреблении в научном сообществе и за пределами такового. Часто это связано с некорректностью выбранного методологического подхода. Считаем бесполезным привлечь внимание к некоторым примерам некорректной терминологии и методологии в почвенных исследованиях.

Одним из самых ярких и, по сути, эпических примеров является употребление слова «значимый». В научных публикациях его употребляют в связке «статистически значимый», что имеет чисто математический смысл. Однако даже сами ученые сознательно или подсознательно ставят знак равенства между «значимый» и «важный, значительный». В итоге за много лет применения статистических методов в науке и практике и, как следствие, многих десятилетий некорректных выводов (Hubbard, Carriquiry, 2019), ситуация настолько усугубилась, что «American Statistician» – журнал Американской статистической ассоциации – опубликовал в марте 2019 г. специальный выпуск, в котором в статье от редколлегии настойчиво призывает все научное сообщество категорически не употреблять слова «статистически значимый» и приложить максимальные усилия к тому, чтобы остановить дальнейшее распространение этого словосочетания (Wasserstein et al., 2019).

Но, как пишет Берри (Berry, 2017, с.896), «много было написано о неправильном использовании и неправильной интерпретации величин вероятности  $p$ . Однако совокупное влияние такой критики на практику статистических анализов и научных исследований оказалось равно нулю». Печальная констатация...

Приведенный пример с ситуацией неправильного использования и интерпретации статистических оценок и терминов затрагивает огромное количество отраслей науки и народного хозяйства и поэтому получил и получает широкий отклик. Но в каждой отрасли науки имеются аналогичные ситуации, которые, однако, за её пределами менее известны публике. Внутри же

<sup>1</sup> Здесь «лучше» авторы понимают в контексте новой методики подсчета результативности научных организаций, разосланной в письме Министерства науки и высшего образования РФ от 14.01.2020.

отрасли гонка ученых за увеличением количества публикаций при повышении их качества<sup>2</sup> часто просто не оставляет ни времени, ни сил на публичную реакцию.

Обратимся к более близким тематике нашего журнала областям почвенной науки, например химии почв. Слово гумус знакомо всем. База данных электронной научной библиотеки eLibrary.ru (по состоянию на 13 февраля 2020 г.) выдала 82847 публикаций по результатам поиска в названиях публикаций, их аннотациях и ключевых словах запроса со словом «гумус». Ограничение типа публикаций только журнальными статьями дает 6243 статьи, из которых 2552 опубликованы в 2016–2020 гг.

Так, В.А. Королев и А.И. Громовик (2018) пишут, что «современные экспериментальные данные свидетельствуют о существенных различиях фракционно-группового состава гумуса разных типов почв и о неодинаковом содержании углерода в гумусовых кислотах». Но далее обосновывают «целесообразность применения дифференцированных коэффициентов пересчета содержания углерода в почвах в содержание гумуса», вместо того, чтобы призвать исследователей отказаться от фракционного подхода к изучению органического вещества почвы, а термин «гумус» понимать как просто совокупное органическое вещество почвы, определяемое при окислении серноокислым калием или при сухом сжигании при 450–500 °С.

Определений гумуса было сделано много еще в конце XIX – начале XX века. Например, С. Ваксман (Waksman, 1936) дал определение гумуса как вещества, состоящего «из определенных компонентов исходного растительного материала, устойчивого к дальнейшему разложению; из соединений, находящихся на разных стадиях разложения; из комплексов, являющихся результатом разложения путем процессов гидролиза или окисления–восстановления; а также и из различных соединений, синтезированных микроорганизмами» (Waksman, 1936, p. 6).

Содержательно вполне понятное и четкое определение, однако чисто химически гумус как таковой никак нельзя определить. То есть операционально гумус определяют как органическое вещество (углерод органического вещества), и понимать под «гумусом» нужно всю совокупность органических веществ почвы после удаления крупных частиц, просеивания и измельчения. Однако до сих пор многие исследователи говорят о «специфических почвенных органических веществах, называемых гумусом» как части всего органического вещества почвы (Шевкопляс-Гурьева, Сивкова, 2019). Тот факт, что эти авторы заголовок своей статьи формулируют как «Определение органического вещества (гумуса)...», красноречиво говорит о наличии понятийно-операциональной путаницы с гумусом, в явном или неявном виде присутствующей у многих ученых.

Примечательно, что до сих пор процветает и еще одна методическая путаница/некорректность, к чему мы пытались привлечь внимание ранее (Наумова, 2019). Российские почвоведы продолжают в статьях упорно писать о том, что содержание органического углерода в почве они определяют с помощью автоматических анализаторов, не удаляя предварительно карбонаты и бикарбонаты и не обращая внимания на высокую температуру сжигания почвенной аликвоты в таких анализаторах (что, понятно, приводит к потерям не только органических, но и неорганических соединений углерода!). Читателям часто даже не дают никаких объяснений, почему общее содержание углеродных соединений вдруг стало эквивалентным содержанию углерода органических соединений (см., например, Семенов и др., 2019с), даже в нижележащих минеральных горизонтах (Семенов и др., 2019б). Наметилась новаторская тенденция вообще не указывать, как именно было определено содержание органического углерода в почве, даже в статьях, специально посвященных такого рода вопросам: например, зачем указывать метод в статье, описывающей результаты влияния «длительного применения органических и минеральных удобрений на динамику содержания органического углерода и азотный режим дерново-подзолистой почвы» (Васбиева, 2019)?

Интересна и ситуация с анализом содержания фульвокислот, гуминовых кислот и гумина в почве. Тот же С. Ваксман вначале являлся сторонником метода экстракции органического вещества почвы щелочью (Waksman, 1925); однако через десять лет он осознал, что щелочные экстракты являются чисто операциональным, произвольным по химической сути конструктором, который «не может дать картины истинной природы гумуса, его происхождения и динамического состояния в почве». Тем не менее утверждения Ваксмана и других исследователей, а также их

<sup>2</sup> «Качество» публикаций здесь авторы понимают опять же в контексте новой методики подсчета результативности научных организаций, разосланной в письме Министерства науки и высшего образования РФ от 14.01.2020

призывы к необходимости мульти- и даже междисциплинарного подхода к изучению органического вещества почвы (Baveye et al., 2014) долгое время оставались не услышанными, и огромное число научных статей в нашей стране и за рубежом было посвящено анализу фракционного состава гумуса. Журнал «Почвоведение» лишь в 2019 г. сформулировал в правилах для авторов просьбу «избегать использования и обсуждения в статьях данных по фракционному составу гумуса, поскольку этот метод устарел и уже давно не используется в других странах». Что мешало корпусу российских почвоведов в течение нескольких десятилетий осознать, что метод устарел? Подчеркнем, однако, что это именно просьба, а не жесткий отказ, и поэтому статьи с анализом гумусного состояния и обсуждения  $C_{гк}/C_{фк}$  продолжают появляться на страницах журнала (Алексеева и др., 2019; Ефремова и др., 2019; Габбасова и др., 2019). Справедливости ради заметим, что это относится не только к отечественным, но и к зарубежным журналам; следовательно, утверждение о том, что метод давно не используется за рубежом, не совсем соответствует действительности. Так, поиск по Web of Science Core Collection по ключевому слову «fulvic», проведенный в начале марта 2020 г., дает 1895 публикаций за последние 5 лет, подавляющее большинство из которых описывают и обсуждают фракционный состав гумуса почв.

Как отмечено выше, химическую структуру органического вещества почвы определить невозможно. Однако можно оценить некоторые аспекты структуры, которые в определенной степени влияют на функции органического вещества в почве. В частности, можно оценить некоторые аспекты стехиометрии, а именно соотношение различных элементов. Из области чистой химии этот метод перекочевал в экологию, где такие соотношения стали активно применять для характеристики компонентов окружающей среды, таких, например, как органическое вещество почвы и донных отложений, растительное вещество и т.п.

В составе органического вещества почвы в первую очередь определяют соотношение углерода и азота. Понятно, что для оценки химической структуры нужно рассчитывать соотношение элементов на молярной/атомной основе (Растворова, Андреев, 2006): в случае углерода и азота их молярное отношение рассчитывают таким образом:

$$C : N = \frac{C, \%}{12} : \frac{N, \%}{14} = \frac{C, \%}{N, \%} \cdot 1,17$$

Это отношение характеризует обогащенность органического вещества почвы азотом. Аналогичным образом нужно рассчитывать и соотношения других элементов (см., например, Ding et al., 2020). Однако отечественная научная литература (и именно специализированные отраслевые издания!) изобилует примерами расчетов соотношения элементов на основе их массовой доли в образце почвы или растительного материала (Семенов и др., 2019а; и др.). Так, в статье, посвященной результатам изучения распада и сохранности органических соединений и питательных элементов в листовном опаде после зимнего сезона под различными лесообразующими породами деревьев, Д. Чульдиене и др. (2017) на основании соотношения массовых долей элементов делают вывод о том, что «в целом все рассчитанные отношения, за исключением N:P, достигли критических значений, свидетельствующих о разложении лесных подстилок под посадками бука и дуба по прошествии пяти месяцев холодного периода». Но если бы авторы считали соотношения C:N, C:P и N:P на молярной основе, то соответствующие величины были бы в 1,17; 2,58 и 2,21 раза выше. Очень вероятно, что и выводы могли бы быть несколько иными.

Конечно, есть статьи, где соотношения рассчитаны корректно (Старцев и др., 2017). Однако часто о корректности приводимых авторами отношений элементов судить невозможно, поскольку сами они об этом не пишут, а пересчеты по приводимым ими в статьях данным позволяют думать о расчетах на основе массовых долей, а не молей (Бузин и др., 2019; Семенов и др., 2019а; и др.).

Много примеров некорректных подходов есть в публикациях по экологии почвенных микроорганизмов. Ученые давно уделяют внимание изучению биоразнообразия и функционирования почвенных микроорганизмов. И то, и другое в значительной степени определяется количественными характеристиками сообществ, а именно численностью и биомассой. Определение численности и биомассы почвенных микроорганизмов, то есть организмов микроскопических размеров (Coleman, 1985), тесно связанных с органическим веществом и минеральной частью почвенной матрицы, является весьма сложной задачей. Методы оценки численности и/или биомассы основаны на ряде допущений и предположений (Brookes, 2001; Евдокимов, 2018) и, таким образом, методологически далеко не идеальны. Одним из первых и относительно простых методов казался метод подсчета колоний, образуемых при инокуляции твердых питательных сред почвенной суспензией. Основным условием для «правильности» такого подсчета было представление о том, что одна клетка бактерии, то

есть один организм, образует одну колонию. Следовательно, число колоний равно числу клеток бактерий, и далее пересчет приводит к численности этих организмов в единице массы почвы. Однако как минимум уже более 70 лет известно, что это не так – колонии на лабораторных питательных средах могут быть образованы как одной клеткой, так и группой клеток, а также и спорами, и всевозможными комбинациями спор и клеток.

Обратимся к одной из детальных работ, посвященных этому вопросу (Skinner et al., 1952). При сравнении прямого метода количественной оценки почвенных микроорганизмов с помощью подсчета при микроскопировании и метода учета колоний на питательных средах, сотрудники Ротамстедской опытной станции (Великобритания) Скиннер и др. (Skinner et al., 1952) на образцах почвы трех вариантов длительного опыта показали, что прямое микроскопирование учитывает значительно – на два порядка! – большее число бактерий по сравнению с культивированием ( $1-4 \cdot 10^9$  и  $2-8 \cdot 10^7$  клеток в 1 г почвы, соответственно). При этом принципиально важно и то, что они выявили разнонаправленность влияния внешних факторов на численность почвенных микроорганизмов в зависимости от метода оценки последней. Большую часть разницы авторы объяснили наличием агрегатов бактериальных клеток и ростом одной колонии из одного такого агрегата: так, отношение числа агрегатов к общему числу клеток варьировало в пределах 0,43–0,56 и зависело от почвы (Skinner et al., 1952). В этом же детальном исследовании показано, что различие в способе приготовления почвенной суспензии для микроскопирования и для культивирования не влияет на соотношение соответствующих оценок численности: при обоих способах суспендирования почвы минимальная разница оценок численности бактерий микроскопированием и культивированием составляла порядок величин. Бесспорно, что без культивирования бактерий в лабораторных условиях невозможны никакие биохимические и физиологические исследования, ведущие как к фундаментальным прорывам, так и к разработке биотехнологических приложений. Скиннер с соавторами (Skinner et al., 1952; p. 271) так и написал: «Культивирование и учет колоний на чашках является устоявшимся методом, возможно, наиболее ценным для исследований качественных свойств». Отметим, что разница между оценкой численности почвенных бактерий прямым микроскопированием и путем подсчета колоний на питательных средах может зависеть от градиента свойств почвенной среды: так, было выявлено значительное увеличение этой разницы при усилении загрязнения почвы тяжелыми металлами (Koptsik et al., 2005).

Казалось бы, для оценки численности почвенных (да и не только почвенных) бактерий путем подсчета числа колониеобразующих единиц (КОЕ) вопрос должен быть закрыт раз и навсегда. Но нет. С поразительной настойчивостью, явно достойной лучшего применения, исследователи, и в особенности отечественные, пишут и пишут все про то же. Приведем ряд примеров из публикаций 2019 года. Так, описывая результаты микробиологической оценки состояния почв хвойных лесов Средней Сибири после пожара, Богородская и др. (2019) отмечают, что в подстилке листовенничника вейникового через четыре года после высокоинтенсивного пожара отмечено снижение численности аммонификаторов. Об этом они судили по числу КОЕ на соответствующей питательной среде. Это значит, что вовсе не численности и не в подстилке! В статье Волкова и др. (2019) представлены результаты исследования влияния посевов растений-сидератов и их смесей на динамику численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почве винограда. Опять же – численность клеток определяли по КОЕ, уж не говоря о том, что эколого-трофические группы в лабораторных условиях вовсе не синонимичны таковым группам в почве! В исследованиях, проведенных в ФГБНУ «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева» путем подсчета КОЕ установлено, что размер почвенных агрегатов определяет количество почвенных микроорганизмов, развивающихся в них (Турусов и др., 2019). Опять же – и не количество, и не в агрегатах!!! Список таких работ, где авторы приводят данные по изменению численности бактерий, оцененной по числу КОЕ, под влиянием различных факторов, можно продолжать и продолжать (Кузикова и др., 2019; Ходжимуродова, Раупова, 2019; и др.).

Особенно впечатляюще выглядит оценка численности почвенных грибов путем подсчета числа колоний грибов на твердых лабораторных средах. Оценка численности по определению предполагает определение числа отдельных организмов в том или ином образце. Известно, что размеры почвенных микромицетов могут варьировать на четыре порядка – от одноклеточных дрожжей до единого мицелиального организма огромных размеров (Smith et al., 1992). Каким образом у микроскопических грибов определить отдельную особь? Очевидно, что это практически невозможно сделать. А уж тем более просто принципиально невозможно оценить их численность



по числу колоний, каждая из которых может быть образована из кусочка мицелия, споры и их всевозможных комбинаций. Печально, что публикацией статей с такого рода методологией занимаются не только журналы типа «Бюллетень науки и практики», «Магарач», «Безопасность жизнедеятельности» и т.п., то есть непрофильные журналы; но подобные статьи публикуют и более специализированные журналы: «Лесоведение», «Проблемы агрохимии и экологии» и пр. Не является в этом смысле исключением и даже ведущий в области науки о почве отечественный журнал «Почвоведение», где фраза о том, что «данные по общей численности микроскопических грибов выражали количеством колониеобразующих единиц (КОЕ) на 1 г субстрата» встречается в некоторых вариациях практически во всех работах, посвященных изучению почвенных грибов (Семенова, Головченко, 2017; Широких и др., 2017; Семенов и др., 2019). Так, Семенов и др. (2019, с. 361) пишут, что «Общее количество микромицетов в исследованных образцах составляло порядка  $10^4$  КОЕ/г почвы». Каким таким таинственным образом эти КОЕ дают оценку количества мицелия в почве, остается непонятным, учитывая сказанное выше о КОЕ и о росте на лабораторных питательных средах. Некоторые авторы, однако, упоминают, что определяют «численность и видовой состав микромицетов (способных расти на питательных средах)» (Семенова, Головченко, 2017), что, конечно, никак не отменяет некорректность их методологического подхода к оценке численности, пусть и только растущих в лабораторных условиях микромицетов. Подчеркнем еще раз, что если численность бактерий как одноклеточных организмов вполне можно оценить путем микроскопирования, то в случае почвенных грибов даже микроскопированием невозможно оценить численность как таковую, а только биомассу (Никитин и др., 2017). Очень часто авторы идут дальше, и по соотношению КОЕ разных организмов пытаются оценивать структуру микроорганизмов почвы, отмечая, например, что «Доля актиномицетов в прокариотном комплексе исследуемых почв (0–31,9 %) и подстилок (3,3–53,0 %) ... также варьировала в широких пределах в зависимости от конкретного биотопа» (Широких, Широких, 2019). Да не от биотопа вовсе, а от выбранного метода оценки, при котором, кроме как широкого варьирования, никакого другого и ожидать не следовало. Академик Г.А. Заварзин, будучи главным редактором отечественного журнала «Микробиология», ввел прямой запрет на публикацию статей с оценками численности по КОЕ. К сожалению, как и в случае со «статистической значимостью», эффект оказался практически нулевым.

Существует много работ по принципу «два в одном», то есть в которых одновременно можно встретить два и более некорректных подхода и/или интерпретации. Так, В.И. Турусов и Р.В. Сальников, сотрудники НИИ сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева пишут об изменении микрофлоры и состава гумуса почвы в зависимости от звена севооборота (Турусов, Сальников, 2019).

Есть и другие примеры явно – просто по определению! – совершенно некорректной методологии научных исследований и интерпретации полученных результатов, но они исправно тиражируются десятилетиями.

Еще одним часто встречающимся и не всегда бросающимся в глаза примером некорректной методологии является вот какой «трюк». Какое-либо свойство почвы количественно оценивают по уравнению регрессии с другими свойствами, которые, как правило, проще измерить. При этом, однако, совершают логическую ошибку, перенося некоторые характеристики независимых переменных в уравнении регрессии на зависимую, то есть переменную, рассчитываемую по уравнению регрессии. Яркий пример этого можно привести опять же из области почвенной микробиологии: во многих работах, использующих метод субстрат-индуцированного дыхания для оценки общей биомассы почвенных микроорганизмов, авторы пишут о том, что они таким образом оценили активную биомассу. Но уравнение регрессии (Anderson, Domsch, 1978), которым пользуются исследователи, построено путем соответствующего анализа множества оценок именно общей биомассы микроорганизмов (с помощью фумигационного метода) и множества оценок выделения  $\text{CO}_2$  в течение нескольких часов после добавления легкоутилизируемого субстрата (в чем, по определению, участвуют активно метаболизирующие организмы). Однако это вовсе не означает, что свойство «активности» передается по уравнению регрессии на общую биомассу. Тем не менее, такая интерпретация очень живуча и активно эксплуатируется некоторыми российскими учеными. Некоторые так и пишут: «Содержание углерода активной микробной биомассы рассчитывали по скорости субстрат-индуцированного дыхания с использованием коэффициента пересчета 40,04» (Демкина и др., 2019, с.1297). Но этот коэффициент пересчета взят из статьи (Anderson, Domsch, 1978), где он получен по уравнению регрессии величин субстрат-

индуцированного дыхания с величинами общей микробной биомассы, оцененной фумигационным методом. Каким образом авторы получают «активную» биомассу, остается загадкой для более или менее посвященного читателя.

Стоит заметить, что ложные приемы и подходы существуют длительное время не только на уровне методологии и интерпретации, но даже когда с последними все вроде бы верно, просто на уровне единиц измерения. Так, десятилетиями в отечественной и отчасти зарубежной литературе приводили значения сумм среднесуточных температур за определенный период выше/ниже определенных значений просто в градусах (Коронатова, Миронычева-Токарева, 2019), хотя строго говоря, единицей измерения для суммы среднесуточных температур как интеграла соответствующей кривой значений температуры за определенный период времени в сутках является градусодень, то есть °С•сут (NAL... 2020; Oxford Reference, 2020). Казалось бы, мелочь, научный жаргон, который все правильно понимают. Три десятка лет назад это было так. Однако легкость распространения любой информации в информационно-телекоммуникационной сети интернет, отрыв значения слова от самого слова и падение уровня образования обусловили насущную необходимость точности употребления научной терминологии и единиц измерения.

Почему все это происходит? При применении статистических методов анализа в разных областях «основное объяснение продолжающегося использования  $p$ -величин не является ни философским, ни научным, а является чисто социологическим: все их используют» (Goodman, 2019, p.27). И это в принципе полностью соответствует представлению о социальности субъекта современного научного познания (Лебедев, 2015). Однако наличие такого соответствия все равно не снимает вопроса о причинах. И ответ очевиден: несоизмеримо проще основывать свои выводы на каком-то формальном критерии, полученном путем нажатия на кнопку, чем задумываться о том, какие факты, относящиеся к области исследования, были известны ранее; возможен ли предполагаемый механизм; адекватен ли план исследования; каково качество полученных данных; в чем заключается новизна результата; как можно оценить практическую значимость, стоимость и преимущества выявленного эффекта; и т.п. Иначе говоря, нужно хорошо понимать суть явления, свойства изучаемых объектов и измеряемых переменных, их характеризующих.

Все это в равной мере относится и к почвенной науке: «все» говорят о гумусе, «все» говорят о численности одноклеточных или мицелиальных почвенных микроорганизмов, подсчитывая колонии на средах; «все» указывают суммы температур в градусах и т.п. То есть «все» с этим согласны. А это означает социальную природу научной истины и её консенсуальный характер (Лебедев, 2019): ведь члены научного сообщества должны достичь согласия при принятии решения о том, чтобы признать некоторую единицу научного знания истинной, то есть полностью соответствующей своему объекту.

С момента зарождения науки как таковой процесс получения, обоснования и оценки истинности результатов научного познания опирался и опирается не только на субъект-объектное познавательное отношение, но и на коммуникационные отношения внутри научного сообщества. Однако создается впечатление, что благодаря легкости и объему современных информационных потоков роль коммуникационных отношений в процессе оценки истинности результатов научного познания будет только повышаться. Это, в свою очередь, значительно увеличит негативное воздействие консенсуальности на процесс научного познания (как прямо, так и опосредованно, путем необоснованного расходования финансовых, временных и человеческих ресурсов), в особенности в науке о почве, ведь почва является одним из наиболее сложных природных образований.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН № АААА-А17-117030110078-1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеева Т.В., Золотарева Б.Н., Колягин Ю.Г. Негидролизующий остаток органического вещества погребенных и современных почв // *Почвоведение*. 2019. № 6. С. 687–699. doi: [10.1134/0032180X19060029](https://doi.org/10.1134/0032180X19060029)
2. Богородская А.В., Кукавская Е.А., Каленская О.П., Буряк Л.В. Микробиологическая оценка состояния почв хвойных лесов Средней Сибири после пожаров разной интенсивности // *Лесоведение*. 2019. № 2. С. 138–156. doi: [10.1134/S0024114819010030](https://doi.org/10.1134/S0024114819010030)

3. Бузин И.С., Макаров М.И., Малышева Т.И., Кадулин М.С., Королева Н.Е., Маслов М.Н. Трансформация соединений азота в почвах горно-тудровых экосистем Хибин // *Почвоведение*. 2019. № 5. С. 570–577. doi: [10.1134/S0032180X1903002X](https://doi.org/10.1134/S0032180X1903002X)
4. Васбиева М.Т. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на динамику содержания органического углерода и азотный режим дерново-подзолистой почвы // *Почвоведение*. 2019. № 11. С. 1365–1372. doi: [10.1134/S0032180X19110133](https://doi.org/10.1134/S0032180X19110133)
5. Волков Я.А., Клименко Н.Н., Странишевская Е.П., Волкова М.В. Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почве виноградника // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. 2019. № 1(107). С. 36–40. eLIBRARY ID: [37083756](https://elibrary.ru/37083756)
6. Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Сулейманов Р.Р., Комисаров М.А., Хабиров И.К., Сидорова Л.В., Назырова Ф.И., Простякова З.Г., Котлугалямова Л.Ю. Влияние низовых пожаров на свойства и эрозию лесных почв Южного Урала (Башкирский государственный природный заповедник) // *Почвоведение*. 2019. № 4. С. 412–421. doi: [10.1134/S0032180X19040075](https://doi.org/10.1134/S0032180X19040075)
7. Демкина Т.С., Борисов А.В., Хомутова Т.Э. Сравнительная характеристика современных и погребенных почвенных комплексов в пустынно-степной зоне Волго-Донского междуречья // *Почвоведение*. 2019. № 11. С. 1295–1306. doi: [10.1134/S0032180X19110029](https://doi.org/10.1134/S0032180X19110029)
8. Евдокимов И.В. Методы определения биомассы почвенных микроорганизмов // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2018. Vol. 3. No. 3. doi: [10.21685/2500-0578-2018-3-5](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2018-3-5)
9. Ефремова Т.Т., Ефремов С.П., Мелентьева Н.В., Аврова А.Ф. Формализованный анализ гумусного состояния горных торфяных почв на уровне высотных поясов // *Почвоведение*. 2019. № 8. С. 923–934. doi: [10.1134/S0032180X19080070](https://doi.org/10.1134/S0032180X19080070)
10. Королев В.А., Громовик А.И. К вопросу о расчете содержания гумуса в почвах разного типа // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2018. № 2. С. 152–156. eLIBRARY ID: [35350448](https://elibrary.ru/35350448)
11. Кузикова И.Л., Зайцева Т.Б., Кичко А.А., Зиновьева С.В., Руссу А.Д., Маячкина Н.В., Медведева Н.Г. Влияние нонилфенолов на численность и таксономическую структуру почвенного микробного сообщества // *Почвоведение*. 2019. № 6. С. 722–733. doi: [10.1134/S0032180X19060078](https://doi.org/10.1134/S0032180X19060078)
12. Лебедев С.А. Пересборка эпистемологического // *Вопросы философии*. 2015. №6. С.53–64. eLIBRARY ID: [23820077](https://elibrary.ru/23820077)
13. Лебедев С.А. Научная истина: консенсуально-экспертный характер // *Гуманитарный вестник*. 2019. № 3(77). С. 1-16. doi: [10.18698/2306-8477-2019-3-601](https://doi.org/10.18698/2306-8477-2019-3-601)
14. Наумова Н. Б. К вопросу об определении содержания органического углерода в почве // *Почвы и окружающая среда*. 2018. № 1(2). С. 98–103. doi: [10.31251/pos.v1i2.13](https://doi.org/10.31251/pos.v1i2.13)
15. Никитин Д.А., Марфенина О.Е., Кудинова А.Г., Лысак Л.В., Мергелов Н.С., Долгих А.В., Лупачев А.В. Микробная биомасса и биологическая активность почв и почвоподобных тел береговых оазисов Антарктиды // *Почвоведение*. 2017. № 9. С. 1122–1133. doi: [10.7868/S0032180X17070073](https://doi.org/10.7868/S0032180X17070073)
16. Растворова О.Г., Андреев Д.П. *Валовой анализ органической части почв* // Теория и практика химического анализа почв / Под редакцией Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. С. 115–140.
17. Семенов В.М., Паутова Н.Б., Лебедева Т.Н., Хромычкина Д.П., Семенова Н.А., Лопес де Гереню В.О. Разложение растительных остатков и формирование активного органического вещества в почве инкубационных экспериментов // *Почвоведение*. 2019а. № 10. С. 1172–1184. doi: [10.1134/S0032180X19100113](https://doi.org/10.1134/S0032180X19100113)
18. Семенов М.В., Манучарова Н.А., Краснов Г.С., Никитин Д.А., Степанов А.Л. Биомасса и таксономическая структура микробных сообществ в почвах правобережья р. Оки // *Почвоведение*. 2019b. № 8. С. 974–985. doi: [10.1134/S003218X19080124](https://doi.org/10.1134/S003218X19080124)
19. Семенов М.В., Никитин Д.А., Степанов А.Л., Семенов В.М. Структура бактериальных и грибных сообществ ризосферного и внекорневого локусов серой лесной почвы // *Почвоведение*. 2019с. № 3. С. 355–369. doi: [10.1134/S003218X19010131](https://doi.org/10.1134/S003218X19010131)
20. Семенова Т.А., Головченко А.В. Влияние механического измельчения сфагнома на численность и структуру микромицетных комплексов // *Почвоведение*. 2017. № 7. С. 844–848. doi: [10.7868/S0032180X17070103](https://doi.org/10.7868/S0032180X17070103)
21. Старцев В.В., Дымов А.А., Прокушкин А.С. Почвы постпирогенных лиственничников Средней Сибири: морфология, физико-химические свойства и особенности почвенного органического вещества // *Почвоведение*. 2017. № 8. С. 912–925. doi: [10.7868/S0032180X17080111](https://doi.org/10.7868/S0032180X17080111)
22. Турусов В.И., Сальников Р.В. Изменение микрофлоры и состава гумуса почвы в зависимости от звена севооборота // *Центральный научный вестник*. 2019. Т. 4. № 3(68). С. 20-21. eLIBRARY ID: [36921216](https://elibrary.ru/36921216)
23. Турусов В.И., Чевердин Ю.И., Титова Т.В., Беспалов В.А., Гармашова Л.В. Изменение и взаимосвязь физических и микробиологических показателей луговых почв юго-востока ЦЧЗ в результате агрогенеза // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2019. № 1. С. 58–63. doi: [10.26178/AE.2019.88.70.010](https://doi.org/10.26178/AE.2019.88.70.010)

24. Ходжимуродова Н., Раупова Н.Б. Микробиологическая активность староорошаемых и новоорошаемых лугово-аллювиальных почв // *Бюллетень науки и практики*. 2019. Т.5. № 3. С. 27–33. doi: [10.33619/2414-2948/40/03](https://doi.org/10.33619/2414-2948/40/03)
25. Чертов О.Г., Надпорожская М.А. Формы гумуса лесных почв: концепции и классификации // *Почвоведение*. 2018. № 10. С. 1202–1214. doi: [10.1134/S0032180X18100027](https://doi.org/10.1134/S0032180X18100027)
26. Чульдиене Д., Алейниковиене Ю., Мурашкиене М., Марозас В., Армолайтис К. Распад и сохранность органических соединений и питательных элементов в листовном опаде после зимнего сезона под лесопосадками лиственницы европейской, бука обыкновенного и дуба красного в Литве // *Почвоведение*. 2017. № 1. С. 56–63. doi: [10.7868/S0032180X16110022](https://doi.org/10.7868/S0032180X16110022)
27. Шевкопляс-Гурьева Н.А., Сивкова Г.А. Определение содержания органического вещества (гумуса) и обменной кислотности почвы // *Безопасность жизнедеятельности*. 2019. №5(221). С.57–60. eLIBRARY ID: [38288011](https://elibrary.ru/38288011)
28. Широких И.Г., Козлова Л.М., Широких А.А., Попов Ф.А., Товстик Е.В. Влияние способа обработки почвы и биопрепаратов на комплексы микромицетов в ризосфере и ризоплане яровой пшеницы // *Почвоведение*. 2017. № 7. С. 837–843. doi: [10.7868/S0032180X17070115](https://doi.org/10.7868/S0032180X17070115)
29. Широких И.Г., Широких А.А. Антагонизм и резистентность к антибиотикам актиномицетов из почв трех особо охраняемых территорий // *Почвоведение*. 2019. № 10. С. 1203–1210. doi: [10.1134/S0032180X19100137](https://doi.org/10.1134/S0032180X19100137)
30. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // *Soil Biol. Biochem.* 1978. Vol.10. No.3. P.215–221. doi: [10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8)
31. Baveye P. C., Palfreyman J., Otten W. Research efforts involving several disciplines: adherence to a clear nomenclature is needed // *Water Air Soil Pollution*. 2014. Vol. 225. No. 6. Art. 1997. doi: [10.1007/s11270-014-1997-7](https://doi.org/10.1007/s11270-014-1997-7)
32. Berry D. A p-Value to Die For // *Journal of the American Statistical Association*. 2017. Vol. 112. No. 519. P. 895–897. doi: [10.1080/01621459.2017.1316279](https://doi.org/10.1080/01621459.2017.1316279)
33. Brookes P. Lean and keen: microbial activity in soils from the Maritime Antarctic // *Microbes Environ.* 2001. Vol. 16. No. 3. P. 131–140.
34. Coleman D.C. *Through a ped darkly – an ecological assessment of root soil-microbial-faunal interactions* // *Ecological Interactions in the Soil: Plants, Microbes and Animals*; Fitter, A.H., Atkinson, D.; Read, D.J.; Usher, M.B., Eds. Blackwells: Oxford, United Kingdom, 1985; Iss.4. P.1–21.
35. Ding L., Wang P., Zhang W., Zhang Y., Li S., Wei X., Chen X., Zhang Y., Yang F. Soil stoichiometry modulates effects of shrub encroachment on soil carbon concentration and stock in a subalpine grassland // *iForest - Biogeosciences and Forestry*. 2020. Vol. 13. No. 1. P. 65–72. doi: [10.3832/ifor3091-012](https://doi.org/10.3832/ifor3091-012)
36. Goodman S. Why is Getting Rid of p-Values So Hard? Musings on Science and Statistics // *The American Statistician*. 2019. Vol. 73. No. sup1. P.26–30. doi: [10.1080/00031305.2018.1558111](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1558111)
37. Hubbard D., Carriquiry A. Quality Control for Scientific Research: Addressing Reproducibility, Responsiveness and Relevance // *The American Statistician*. 2019. Vol. 73. No. sup1. P. 46–55. doi: [10.1080/00031305.2018.1543138](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1543138)
38. Koptsik G., Lofts S., Karavanova E., Naumova N., and Rutgers M. *Heavy Metals in Forest Soils: Speciation, Mobility, and Risk Assessment*. New Delhi: Oxford and IBH, 2005. 252 p.
39. McShane B.B., Gal D., Gelman A., Robert C., Tackett J. L. Abandon Statistical Significance // *The American Statistician*. 2019. Vol. 73. No. sup1. P. 235–245. doi: [10.1080/00031305.2018.1527253](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1527253)
40. NAL Agricultural Thesaurus. *Heat sums* [электронный ресурс] URL: <https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?k=default&l=60&w=2176&s=5&t=2> (дата обращения 22.03.2020)
41. Oxford Reference. *Accumulated temperature*. [электронный ресурс] URL: <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110810104313573> (дата обращения 22.03.2020)
42. Skinner F.A., Jones C. T., Mollison J.E. A Comparison of a Direct- and a Plate-counting Technique for the Quantitative Estimation of Soil Microorganisms // *J. Gen. Microbiol.* 1952. Vol. 6. P.261–271. doi: [10.1099/00221287-6-3-4-261](https://doi.org/10.1099/00221287-6-3-4-261)
43. Smith M.L., Bruhn J.N., Anderson J.B. The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms // *Nature*. 1992. V. 356. P. 428–431. doi: [10.1038/356428a0](https://doi.org/10.1038/356428a0)
44. Waksman S.A. What is humus? // *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 1925. V. 11. P. 463–468. doi: [10.1073/pnas.11.8.463](https://doi.org/10.1073/pnas.11.8.463)
45. Waksman S.A. *Humus. Origin, Chemical Composition and Importance in Nature*. Baltimore: Williams and Wilkins Company, 1936. 508 p.
46. Wasserstein R.L., Schirm A.L., Lazar N.A. Moving to a World Beyond “p<0.05” // *The American Statistician*. 2019. V. 73. No. sup1. P. 1–19. doi: [10.1080/00031305.2019.1583913](https://doi.org/10.1080/00031305.2019.1583913)

Поступила в редакцию 24.03.2020

Принята 30.05.2020

Опубликована 01.06.2020

**Сведения об авторах:**

**Савенков Олег Александрович** – к.б.н., с.н.с. лаборатории агрохимии ФГБУН Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск, Россия); [savenkov@issa-siberia.ru](mailto:savenkov@issa-siberia.ru)

**Наумова Наталья Борисовна** – к.б.н., в.н.с. лаборатории агрохимии ФГБУН Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск, Россия); [naumova@issa-siberia.ru](mailto:naumova@issa-siberia.ru)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**CONTAGIOUS IS AROUND: ABOUT SOME ASPECTS OF METHODOLOGY AND TERMINOLOGY OF SOIL RESEARCH AND PUBLICATIONS**

© 2020 O. A. Savenkov , N. B. Naumova 

*Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: [savenkov@issa-siberia.ru](mailto:savenkov@issa-siberia.ru)*

*The article discusses some examples of incorrect methodology and terminology practice in soil research and publications. In particular, the authors draw attention to extremely inflated and unjustified use of the phrase "statistically significant", to the controversy between the chemical determination and terminological definition of soil humus, to the inadequacy of using mass concentrations of chemical elements to inferring soil organic matter stoichiometry, to frequent interpreting empirical regression as if describing some conceptual relationship, to the principle impossibility to estimate bacteria and fungi numbers in soil by agar plate counts of colony-forming units. Based on the discussed examples, the authors conclude that the ease and the rate of the present-day communication flow will increasingly enhance the role of communication exchange in estimating the validity of results of a certain piece of scientific cognition, which will significantly increase the negative impact of consensuality, especially in soil science, as soil is one of the most complex natural bodies.*

**Key words:** methodology of science; statistical significance; humus; fractional composition; elemental stoichiometry; soil microbial numbers; active soil microbial biomass

**How to cite:** Savenkov O.A., Naumova N.B. Contagious is around: about some aspects of incorrect methodology and terminology in soil research and publications. *The Journal of Soils and Environment*, 2020, V.3. No.1, e109. doi: [10.31251/pos.v3i1.109](https://doi.org/10.31251/pos.v3i1.109) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

1. Alekseeva T.V., Zolotareva B.N., Kolyagin Y.G. Nonhydrolyzable part of soil organic matter in buried and modern soils. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.6, p.632–643. doi: [10.1134/S1064229319060024](https://doi.org/10.1134/S1064229319060024)
2. Bogorodskaya A.V., Kukavskaya E.A., Kalenskaya O.P., Buryak L.V. Microbiological assessment of soils in coniferous forests of Central Siberia after fires of different density. *Russian Journal of Forest Science*, 2019, No.2. p.138–156. (in Russian). doi: [10.1134/S0024114819010030](https://doi.org/10.1134/S0024114819010030)
3. Buzin I.S., Makarov M.I., Malysheva T.I., Kadulin M.S., Maslov M.N., Koroleva N.E. Transformation of nitrogen compounds in soils of mountain tundra ecosystems in the Khibiny. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.5, p.518–525. doi: [10.1134/S1064229319030025](https://doi.org/10.1134/S1064229319030025)
4. Vasbieva M.T. Effect of long-term application of organic and mineral fertilizers on the organic carbon content and nitrogen regime of soddy-podzolic soil. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.11, p.1422–1428. doi: [10.1134/S1064229319110139](https://doi.org/10.1134/S1064229319110139)
5. Volkov Y.A., Klimenko N.N., Stranishevskaya E.P., Volkova M.V. The impact of green manure crops on the population dynamics of major ecological and trophic groups of microorganisms in the soil of a vineyard. *Magarach. Viticulture and vinemaking*, 2019, No.1(107), p.36–40. (in Russian). eLIBRARY ID: [37083756](https://elibrary.ru/37083756)
6. Gabbasova I.M., Garipov T.T., Suleimanov R.R., Komissarov M.A., Khabirov I.K., Sidorova L.V., Nazyrova F.I., Prostyakova Z.G., Kotlugalyamova E.Yu. The influence of ground fires on the properties and erosion of forest soils in the Southern Urals (Bashkir state nature reserve). *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.4, p.412–421. doi: [10.1134/S1064229319040070](https://doi.org/10.1134/S1064229319040070)

7. Demkina T.S., Borisov A.V., Khomutova T.E. Comparative characteristics of recent and buried soil associations in the desert-steppe zone on the Volga-Don interfluvium. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.11, p.1321–1332. doi: [10.1134/S1064229319110024](https://doi.org/10.1134/S1064229319110024)
8. Yevdokimov I.V.. Methods for measuring soil microbial biomass. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2018, Vol.3, No.3. doi: [10.21685/2500-0578-2018-3-5](https://doi.org/10.21685/2500-0578-2018-3-5)
9. Efremova T.T., Efremov S.P., Melent'eva N.V., Avrova A.F. Formal criteria for the humus status of mountainous peat soils in altitudinal zones. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.8, p.892–902. doi: [10.1134/S1064229319080076](https://doi.org/10.1134/S1064229319080076)
10. Korolev V.A., Gromovik A.I. The question of the calculation of the content of humus in the soil different types. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2018, No.2, p.152–156. (in Russian). eLIBRARY ID: [35350448](https://elibrary.ru/35350448)
11. Kuzikova I.L., Zaytseva T.B., Zinoveva S.V., Russu A.D., Mayachkina N.V., Medvedeva N.G., Kichko A.A. Effect of nonylphenols on the abundance and taxonomic structure of the soil microbial community. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.6, p.671–681. doi: [10.1134/S1064229319060073](https://doi.org/10.1134/S1064229319060073)
12. Lebedev S.A. The reassembly of the epistemology. *Voprosy filosofii*, 2015, No.6, p.53–64. (in Russian). eLIBRARY ID: [23820077](https://elibrary.ru/23820077)
13. Lebedev S.A. Scientific truth: consensual-expert nature. *Humanities bulletin of BMSTU*, 2019, No.3(77), p.1–16. (in Russian). doi: [10.18698/2306-8477-2019-3-601](https://doi.org/10.18698/2306-8477-2019-3-601)
14. Naumova N.B. Writing about organic carbon determination in soil. *The Journal of Soils and Environment*, 2018, No.1(2), p.98–103. (in Russian). doi: [10.31251/pos.v1i2.13](https://doi.org/10.31251/pos.v1i2.13)
15. Nikitin D.A., Marfenina O.E., Kudinova A.G., Lysak L.V., Mergelov N.S., Dolgikh A.V., Lupachev A.V. Microbial biomass and biological activity of soils and soil-like bodies in coastal oases of Antarctica. *Eurasian Soil Science*, 2017, Vol.50, No.9, p.1086–109. doi: [10.1134/S1064229317070079](https://doi.org/10.1134/S1064229317070079)
16. Rastvorova O.G., Andreev D.P. *Total organic matter analysis of soils*. In: Theory and practice of chemical analysis of soils (Ed. Vorobyova L.A.). Moscow: GEOS, 2006, p.115–140. (in Russian)
17. Semenov V.M., Pautova N.B., Lebedeva T.N., Khromyckina D.P., Semenova N.A., Lopes de Gerenyu V.O. Plant Residues Decomposition and formation of active organic matter in the soil of the incubation experiments. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.10, p.1183–1194. doi: [10.1134/S1064229319100119](https://doi.org/10.1134/S1064229319100119)
18. Semenov M.V., Nikitin D.A., Manucharova N.A., Stepanov A.L., Krasnov G.S. Biomass and taxonomic structure of microbial communities in soils of the right-bank basin of the Oka river. *Eurasian Soil Science*, 2019b, Vol. 52, No.8, p.971–981. doi: [10.1134/S106422931908012X](https://doi.org/10.1134/S106422931908012X)
19. Semenov M.V., Nikitin D.A., Stepanov A.L., Semenov V.M. The structure of bacterial and fungal communities in the rhizosphere and root-free loci of gray forest soil. *Eurasian Soil Science*, 2019c, Vol. 52, No.3, p.319–332. doi: [10.1134/S1064229319010137](https://doi.org/10.1134/S1064229319010137)
20. Semenova T.A., Golovchenko A.V. Effect of mechanical fragmentation of sphagnum on population density and structure of micromycete communities. *Eurasian Soil Science*, 2017, Vol. 50, No.7, p.832–836. doi: [10.1134/S1064229317070109](https://doi.org/10.1134/S1064229317070109)
21. Startsev V.V., Dymov A.A., Prokushkin A.S. Soils of postpyrogenic larch stands in Central Siberia: Morphology, physicochemical properties, and specificity of soil organic matter. *Eurasian Soil Science*, 2017, Vol. 50, No.8, p.885–897. doi: [10.1134/S1064229317080117](https://doi.org/10.1134/S1064229317080117)
22. Turusov V.I., Salnikov R.V. Change of microflora and group composition of soil humus depending on the level of crop rotation. *Tsentrallyy nauchnyy vestnik (Central Scientific Herald)*, 2019, Vol.4, No.3(68), p.20–21. (in Russian). eLIBRARY ID: [36921216](https://elibrary.ru/36921216)
23. Turusov V.I., Cheverdin Yu.I., Titova T.V., Bepalov V.A., Garmashova L.V. The change and relationship of physical and microbiological parameters of the South-East of the Central-Chernozem Zone meadow soils as a result of agrogenesis. *Problemy agrokhimii i ekologii (Problems in Agrochemistry and Ecology)*, 2019, No.1, p.58–63. (in Russian). doi: [10.26178/AE.2019.88.70.010](https://doi.org/10.26178/AE.2019.88.70.010)
24. Khojimurodova N., Raupova N. Microbiological activity of the old irrigating and new irrigating alluvial meadow soils. *Bulletin of Science and Practice*, 2019, Vol.5, No.3. p.27–33. (in Russian). doi: [10.33619/2414-2948/40/03](https://doi.org/10.33619/2414-2948/40/03)
25. Chertov O.G., Nadporozhskaya M.A. Humus forms in forest soils: concepts and classifications. *Eurasian Soil Science*, 2018, Vol. 51, No.10, p.1142–1153. doi: [10.1134/S1064229318100022](https://doi.org/10.1134/S1064229318100022)
26. Chuldiene S., Aleinikoviene Y., Murashkiene M., Marozas B., Armolaitis K. Decay and preservation of torganic compounds and nutrient elements in leaves' liter after the winter season under the European larch, common beech and red oak stands in Litva. *Pochvovedenie*, 2017, No.1, p.56–63. (in Russian). doi: [10.7868/S0032180X16110022](https://doi.org/10.7868/S0032180X16110022)
27. Shevkoplyas-Gurieva N.A., Sivkova G.A. Determination of content of organic substance (humus) and exchange acidity of the soil. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti (Safety of life activities)*, 2019, No.5(221), p.57–60. (in Russian). eLIBRARY ID: [38288011](https://elibrary.ru/38288011)

28. Shirokikh I.G., Kozlova L.M., Shirokikh A.A., Popov F.A., Tovstik E.V. Effects of tillage technologies and application of biopreparations on micromycetes in the rhizosphere and rhizoplane of spring wheat. *Eurasian Soil Science*, 2017, Vol. 50, No.7, p.837–843. doi: [10.1134/S1064229317070110](https://doi.org/10.1134/S1064229317070110)
29. Shirokikh I.G., Shirokikh A.A. Antagonism and resistance to antibiotics of actinomycetes from soils of three specially protected natural territories. *Eurasian Soil Science*, 2019, Vol. 52, No.10, p.1203–1210. doi: [10.1134/S1064229319100132](https://doi.org/10.1134/S1064229319100132)
30. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem*, 1978, Vol.10, No.3, p.215–221. doi: [10.1016/0038-0717\(78\)90099-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(78)90099-8)
31. Baveye P. C., Palfreyman J., Otten W. Research efforts involving several disciplines: adherence to a clear nomenclature is needed. *Water Air Soil Pollution*. 2014, Vol.225, No.6, Art. 1997. doi: [10.1007/s11270-014-1997-7](https://doi.org/10.1007/s11270-014-1997-7)
32. Berry D. A p-Value to Die For. *Journal of the American Statistical Association*. 2017, Vol.112, No.519, p.895–897. doi: [10.1080/01621459.2017.1316279](https://doi.org/10.1080/01621459.2017.1316279)
33. Brookes P. Lean and keen: microbial activity in soils from the Maritime Antarctic. *Microbes Environ.*, 2001, Vol.16, No.3, p. 131–140.
34. Coleman, D.C. *Through a ped darkly – an ecological assessment of root soil-microbial-faunal interactions*. In book: *Ecological Interactions in the Soil: Plants, Microbes and Animals*; Fitter, A.H., Atkinson, D.; Read, D.J.; Usher, M.B., Eds. Blackwells: Oxford, United Kingdom, 1985; Iss.4, p.1–21.
35. Ding L., Wang P., Zhang W., Zhang Y., Li S., Wei X., Chen X., Zhang Y., Yang F. Soil stoichiometry modulates effects of shrub encroachment on soil carbon concentration and stock in a subalpine grassland. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 2020, Vol.13, No.1, p.65–72. doi: [10.3832/ifor3091-012](https://doi.org/10.3832/ifor3091-012)
36. Goodman S. Why is Getting Rid of p-Values So Hard? Musings on Science and Statistics. *The American Statistician*, 2019, Vol.73, No. sup1., p.26–30. doi: [10.1080/00031305.2018.1558111](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1558111)
37. Hubbard D., Carriquiry A. Quality Control for Scientific Research: Addressing Reproducibility, Responsiveness and Relevance. *The American Statistician*. 2019, Vol.73, No. sup1., p.46–55. doi: [10.1080/00031305.2018.1543138](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1543138)
38. Koptsik G., Lofts S., Karavanova E., Naumova N., and Rutgers M. *Heavy Metals in Forest Soils: Speciation, Mobility, and Risk Assessment*. New Delhi: Oxford and IBH, 2005, p. 252.
39. McShane B.B., Gal D., Gelman A., Robert C., Tackett J. L. Abandon Statistical Significance. *The American Statistician*, 2019, Vol.73, No. sup1., p.235–245. doi: [10.1080/00031305.2018.1527253](https://doi.org/10.1080/00031305.2018.1527253)
40. NAL Agricultural Thesaurus. *Heat sums* [Internet Resource] URL: <https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?k=default&l=60&w=2176&s=5&t=2> (accessed on March 22, 2020)
41. Oxford Reference. *Accumulated temperature* [Internet Resource] URL: <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110810104313573> (accessed on March 22, 2020)
42. Skinner F.A., Jones C. T., Mollison J.E. A Comparison of a Direct- and a Plate-counting Technique for the Quantitative Estimation of Soil Microorganisms. *J. Gen. Microbiol.*, 1952, Vol.6, p.261–271. doi: [10.1099/00221287-6-3-4-261](https://doi.org/10.1099/00221287-6-3-4-261)
43. Smith M.L., Bruhn J.N., Anderson J.B. The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms. *Nature*, 1992, Vol.356, p.428–431. doi: [10.1038/356428a0](https://doi.org/10.1038/356428a0)
44. Waksman S.A. What is humus? *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 1925, Vol.11, p.463–468. doi: [10.1073/pnas.11.8.463](https://doi.org/10.1073/pnas.11.8.463)
45. Waksman S.A. *Humus. Origin, Chemical Composition and Importance in Nature*. Baltimore: Williams and Wilkins Company, 1936. 508 p.
46. Wasserstein R.L., Schirm A.L., Lazar N.A. Moving to a World Beyond “p<0.05”. *The American Statistician*, 2019, Vol.73, No. sup1, p.1–19. doi: [10.1080/00031305.2019.1583913](https://doi.org/10.1080/00031305.2019.1583913)

Received 24 March 2020

Accepted 30 May 2020

Published 01 June 2020

**About the authors:**

**Savenkov Oleg A.** – Cand.Biol. Sci., Senior Researcher in the Laboratory of Agrochemistry, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; [savenkov@issa-siberia.ru](mailto:savenkov@issa-siberia.ru)

**Naumova Natalia B.** – Cand.Biol. Sci., Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; [naumova@issa-siberia.ru](mailto:naumova@issa-siberia.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)