

# **ПОЧВЫ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**

**Научный журнал**

---

**2019**

**Том 2. Выпуск 2**

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

**Титлянова Аргента Антониновна** - доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии 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

**Дюкарев Анатолий Григорьевич** - кандидат биологических наук, доктор географических наук, заведующий лабораторией мониторинга лесных экосистем ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

**Мордкович Вячеслав Генрихович** - доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории экологии беспозвоночных животных ФГБУН Институт систематики и экологии животных СО РАН

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

##### Члены редколлегии

**Сысо Александр Иванович** - доктор биологических наук, заведующий лабораторией биогеохимии, директор ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Андроханов Владимир Алексеевич** - доктор биологических наук, заведующий лабораторией рекультивации почв, заместитель директора по науке ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Доброворская Надежда Ивановна** - доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией рационального землепользования Сибирского НИИ земледелия и химизации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН.

**Кирпотин Сергей Николаевич** - доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники Института биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства Национального Исследовательского Томского государственного университета

**Гольева Александра Амуриевна** - доктор географических наук, ведущий научный сотрудник отдела географии и эволюции почв ФГБУН Институт географии РАН, председатель Российской ассоциации фитолитологов

**Кулижский Сергей Павлинович** - доктор биологических наук, проректор по социальным вопросам ФГБУВПО Национального Исследовательского Томского государственного университета

**Гопп Наталья Владимировна** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории генезиса и географии почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Ермолов Юрий Викторович** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Кудряшова Светлана Яковлевна** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Танасиенко Анатолий Алексеевич** - доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории почвенно-физических ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Лойко Сергей Васильевич** - кандидат биологических наук, заведующий почвенным музеем, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Национального Исследовательского Томского государственного университета

**Миронычева-Токарева Нина Петровна** - кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биогеоценологии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Смоленцев Борис Анатольевич** - кандидат биологических наук, заведующий лабораторией географии и генезиса почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Фотев Юрий Валентинович** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН

**Якутина Ольга Петровна** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

**Беланов Иван Петрович** - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории рекультивации почв ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

## Содержание

**Смоленцев Б.А.** е64  
От редколлегии

### **Почвы и круговорот химических элементов**

**Мартынов А.В.**  
Ёмкость катионного обмена в пойменных почвах р. Амур: влияние органического вещества на содержание обменных катионов е65

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

**Якименко В.Н., Бойко В.С.**  
Диагностика калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири е74

### **Почвы и землепользование**

**Куклина С.Л.**  
Выпас меняет фитоценозы пойменных лугов и свойства аллювиальных почв в долине реки Белой (Прибайкалье) е46

### **Юбилеи и памятные даты**

**Кравцов Ю.В.** е72  
К 110-летию со дня рождения А.П. Сляднева

**Кудрянова С.Я., Сысо А.И.** е78  
90 лет профессору Аргенте Антониновне Титляновой



## ОТ РЕДКОЛЛЕГИИ

Существуют прописные истины, которые настолько очевидны, что лишний раз напоминать о них как-то неловко. Действительно, на страницах специализированного почвенного журнала кажутся, мягко говоря, лишними фразы о том, что почвы поддерживают жизнь на Земле, регулируя множество процессов в разнообразных наземных и водных экосистемах. Беспорная очевидность такого представления как-то замаскировала тот факт, что в настоящее время развитие почвоведения как науки ограничено целым рядом серьезных проблем. Среди них снижение финансирования научных исследований, уменьшение числа студентов и молодых специалистов-почвоведов, падение востребованности и престижа специальности и, как следствие всего этого, резкое сглаживание соответствующего медийного профиля и интереса широкой общественности. Степень выраженности влияния этих факторов на развитие науки о почве, их временная динамика, социо-культурные и исторические особенности, бесспорно, проявляются несколько по-разному в разных странах, однако общее направление их действия выглядит вполне одинаково (Adewopo et al., 2014); а настоящие и будущие результаты, по крайней мере, в краткосрочном плане, представляются отрицательными.

Долгосрочные же последствия сегодняшнего направления развития почвенной науки, являясь исключительно важными для устойчивого развития человечества в целом (Amundson et al., 2015), видятся и стратегически важными для нашей национальной безопасности. Без специалистов, «ведающих» что и как происходит в почве, как почвы взаимодействуют с окружающей средой, осуществляя наиважнейшие экосистемные функции, критичные для поддержания не только качества, но и собственно самой жизни на планете, сложно всерьез рассчитывать на высокопродуктивные сельскохозяйственные экосистемы, безопасные ландшафты городского озеленения и рекреационных зон, и ненарушенные/незагрязненные природные экосистемы. Казалось бы, для нашей страны с ее огромной территорией и ресурсами, в том числе земельными и почвенными, это не так актуально. Но на самом деле все, как говорится, с точностью «до наоборот» - исключительное таксономическое богатство почв, обширность ареалов ненарушенных почв, большие территории с антропогенно-нарушенными рекультивированными или самовосстанавливающимися почвами – все это обуславливает необходимость поддержания активного сообщества специалистов-почвоведов в широком смысле слова.

Очень надеемся, что наш журнал вносит свой, пусть пока небольшой, вклад в поддержание этого сообщества, а предлагаемый читателю третий номер журнала за 2019 год содержит как интересные биографические сведения об известных сибирских почвоведрах, так и научные статьи, тематика которых, варьируя от емкости катионного обмена до диагностики калийного состояния почв и влияния выпаса на свойства почвы, позволяет представить всю обширность предметной области нашей науки о почве.

Член редакционной коллегии  
к.б.н. Б.А. Смоленцев

## ЛИТЕРАТУРА

1. Adewopo J.B., VanZomeren C., Bhomia, R.K., Almaraz M., Bacon A.R., Eggleston E., Judy J.D.; Lewis R.W., Lusk M., Miller B.A., Moorberg C., Hodges Snyder, E., Tiedeman M.L. Top-Ranked Priority Research Questions for Soil Science in the 21st Century // *Agronomy Publications*. 2014. 71. DOI: [10.2136/sssaj2013.07.0291](https://doi.org/10.2136/sssaj2013.07.0291)
2. Amundson R., Berhe A.A., Hopmans J.W Olson C., Sztein A. E., Sparks D.L. Soil and human security in the 21st century // *Science*. 2015. V. 348. Iss. 6235. 1261071. DOI: [10.1126/science.1261071](https://doi.org/10.1126/science.1261071)



## ЁМКОСТЬ КАТИОННОГО ОБМЕНА В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ Р. АМУР: ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА НА СОДЕРЖАНИЕ ОБМЕННЫХ КАТИОНОВ\*

© 2019 А. В. Мартынов

Адрес: ФГБУН Институт геологии и природопользования ДВО РАН, пер. Релочный, 1, г Благовещенск, 675000, Россия. E-mail: [lexx\\_1981@list.ru](mailto:lexx_1981@list.ru)

**Цель исследования.** Определить ёмкость катионного обмена (ЕКО) и насыщенность базовыми катионами разных типов пойменных почв р. Амур. Установить взаимосвязь между ЕКО и содержанием органического вещества.

**Место и время проведения.** Верхнее и среднее течение р. Амур в период с 2011 по 2015 гг.

**Методология.** В данной работе ЕКО представлена как сумма  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . Определение обменного водорода и подвижного алюминия проводили с 1М КСl. Обменный кальций и магний определяли комплексонометрически с  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Содержание органического углерода определяли методом мокрого озонения по И.В. Тюрину в модификации Б.А. Никитина. Коэффициенты корреляции определяли методом Пирсона.

**Основные результаты.** Установлено, что наиболее высокой ЕКО (в среднем от 16 до 21 смоль(экв)/кг) характеризуются болотные (торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые) и остаточнo-аллювиальные почвы (ржавозёмы и brunезёмы). Самой низкой ЕКО обладают аллювиальные серогумусовые почвы: от 11 до 13 смоль(экв)/кг. Насыщенность основаниями снижается в ряду: остаточнo-аллювиальные почвы (85-95%) – аллювиальные серогумусовые (70-90%) – аллювиальные серогумусовые глееватые (52-90%) – болотные почвы (33-95%). В молодых легких по гранулометрическому составу почвах между органическим веществом и ЕКО высокие коэффициенты корреляции ( $>0,75$ ), а в более зрелых почвах с большим содержанием илстых и глинистых частиц преимущественно средние (от 0,40 до 0,70).

**Заключение.** Аллювиальные почвы р. Амур характеризуются средними величинами ЕКО преимущественно с высокой степенью насыщенности. Степень взаимосвязи между ЕКО и почвенным органическим веществом обусловлена гранулометрическим составом и выветрелостью почв.

**Ключевые слова:** обменные катионы; аллювиальные почвы; р. Амур; органическое вещество; корреляционный анализ

**Цитирование:** Мартынов В.А. Ёмкость катионного обмена в пойменных почвах р. Амур: влияние органического вещества на содержание обменных катионов // Почвы и окружающая среда. 2019. Том 2. №2. е65. doi: 10.31251/pos.v2i2.65

### ВВЕДЕНИЕ

Ионообменная поглотительная способность является фундаментальным свойством почвы, а ионообменные процессы - универсальными физико-химическими механизмами, регулирующими перераспределение ионов между поверхностью почвенных частиц и почвенным раствором (Гедройц, 1975). основополагающее значение для изучения поглотительной способности почв имели работы К.К. Гедройца (1975), в которых был рассмотрен почвенный поглощающий комплекс как основной носитель ионообменных свойств почвы, и впервые было введено понятие поглотительной способности почв как суммы всех обменных катионов, которые можно вытеснить из данной почвы. Ёмкость катионного обмена (ЕКО) играет важную роль в содержании питательных веществ в почве, определяя содержание доступных для обменных процессов катионов ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$ ) и влияя на структуру и функционирование экосистем (Lucas et al., 2011; Mueller et al., 2012). Учитывая, что для разных видов растений требуются определенные концентрации и соотношения  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Na}^+$ , изменения в составе катионов определяют биологическое разнообразие растений, устойчивость растений к засухе, заморозкам и болезнетворным микроорганизмам (McLaughlin, Wimmer, 1999; Chen et al., 2013). Следовательно, обменные катионы определяют первичную продуктивность и общую структуру наземных

экосистем (DeHayes et al., 1999; Demchik, Sharpe, 2000). Напротив, увеличение токсичных  $Al^{3+}$  и  $Fe^{3+}$  ограничивает продуктивность растительных сообществ (Lieb et al., 2011). Также ЕКО может поддерживать стабильность наземных экосистем, препятствуя повышению кислотности почвы, поскольку понижение рН почвы изменяет биологическую активность и оказывает негативное воздействие на наземные экосистемы (Панасин и др., 2015; Xu et al., 2012; Luo et al., 2015). В целом в контексте экологических изменений понимание динамики ЕКО имеет решающее значение для прогнозирования функционирования экосистемы. Это делает ЕКО одним из наиболее важных свойств почвы, что способствует значительному накоплению данных о природе ЕКО, её свойствах и взаимоотношениях с другими почвенными параметрами (Костенко, 2015; Кленов и Якутин, 2017; Ruiz Sinoga et al., 2012; Xu et al., 2012; Lu et al., 2015).

Ёмкость катионного обмена почв связана с различными почвенными характеристиками, в том числе, с гранулометрическим составом почвы, преобладающей группой глинистых минералов, содержанием гумуса и реакцией почвенного раствора (Дюшофур, 1970, Костенко, 2015). Преобладающая роль в формировании поглотительной способности почв принадлежит тонкодисперсным фракциям с высокой удельной поверхностью, в состав которых входят вторичные, главным образом, глинистые минералы, от накопления которых зависит степень выветрелости почвы и её ЕКО (Николаева, 1990; Wang et al., 2005). Содержание гумуса в почве также оказывает существенное влияние на величину ЕКО. Поскольку поглотительная способность гумусовых веществ составляет 300-930 смоль(экв)/кг вещества, при прочих равных условиях ЕКО более гумусированных почв выше (Дюшофур, 1970; Винокуров, 1941). По данным Т.И. Николаевой величина ЕКО на 2/3 определяется содержанием глинистых минералов и на 1/3 органическим веществом (Алябина, 1998).

Таким образом, катионообменная ёмкость является одним из важнейших почвенных свойств, определяющим плодородие почв, а органическое вещество, в свою очередь, в значительной мере определяет ЕКО. Поэтому целью данной работы было изучить ЕКО разных типов пойменных почв в долине р. Амур и определить взаимосвязь между содержанием органического вещества и ЕКО.

Выбор пойменных почв обусловлен ролью пойменных ландшафтов, которые являются наиболее важными географическими континуумами на Земле (Bailey, 1995). Периодическое затопление приносит в поймы богатые питательными веществами осадки, что гарантирует высокое биоразнообразие этих почв, обуславливая пространственную и временную неоднородность их структуры и функциональности (Wälder et al., 2008). Однако изученность пойменных почв долины р. Амур, одной из крупнейших рек мира, незначительна. Частично это связано с ее трансграничным положением, т.е. разделением по фарватеру между Россией и Китаем. Также в Амурской области, в пределах которой расположено верхнее и среднее течение р. Амур, основной акцент почвенных исследований смещен в сторону чернозёмовидных почв и бурозёмов. Систематические исследования аллювиальных почв в Амурской области, несмотря на их значительную вовлеченность в хозяйственную сферу, почти не проводили.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования послужили аллювиальные и остаточно-аллювиальные почвы, сформированные на территории пяти ключевых участков, расположенных в пределах поймы р. Амур (рис. 1). Три участка были заложены в верхнем течении р. Амур и два в среднем течении. Поймы в верхнем течении небольшие по размеру, до 2 км в ширину, и относятся к адаптивному типу. Поймы в среднем течении относятся к широкопойменному типу и достигают до 15 км в ширину. Всего было заложено 87 почвенных разрезов: 59 в среднем течении и 28 в верхнем. Образцы отбирали по генетическим горизонтам. Названия почв давали в соответствии с классификацией и диагностикой почв России (Классификация..., 2004) и классификацией WRB (IUSS Working Group, 2014).

В данной работе ЕКО представлена как сумма  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $H^+$ ,  $Al^{3+}$ . Катионы  $K^+$ ,  $Na^+$  не определяли, так как по исследованию, проведенному в пойме рек Зея и Селемджа, которые являются притоками р. Амур, содержание этих элементов незначительно и суммарно редко превышает 1 смоль(экв)/кг почвы (Мартынов, 2013). Определение обменного водорода и подвижного алюминия проводили методом А.В. Соколова с 1Н КСl. Обменный кальций и магний определяли комплексонометрическим методом по Гедройцу с  $NH_4Cl$ . Содержание органического углерода определяли методом мокрого озоления по И.В. Тюрину в модификации Б.А. Никитина

(Новицкий и др., 2009). Определение свойств почв проводили в Аналитическом центре минералого-геохимических исследований ИГиП ДВО РАН. Коэффициенты корреляции Пирсона определяли с помощью пакета Statistica v6.0.

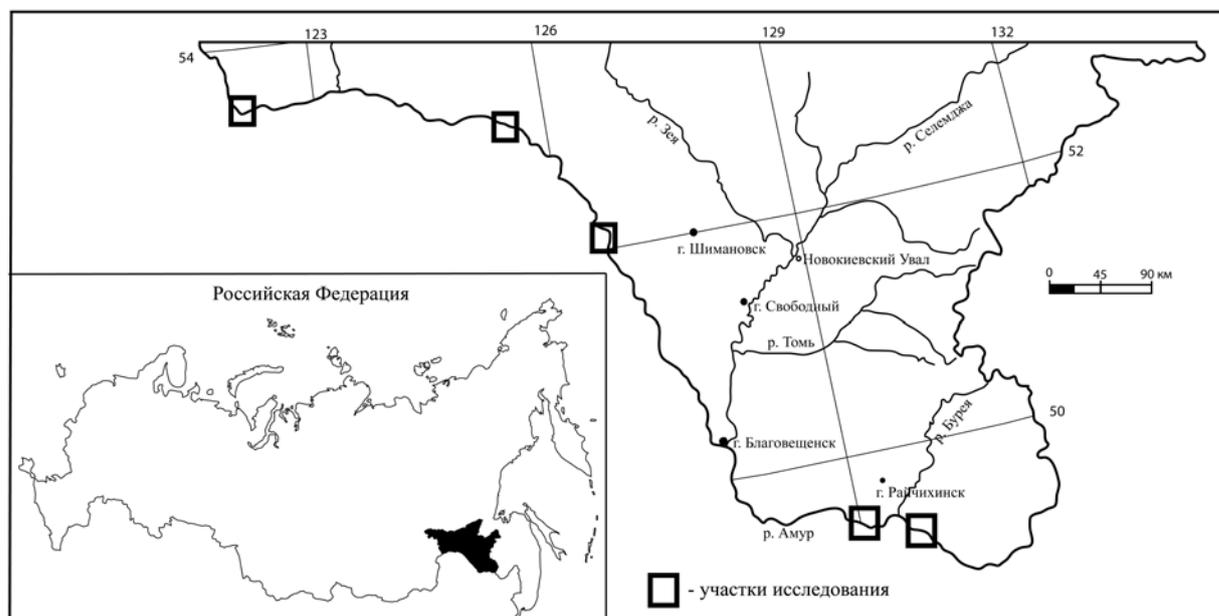


Рисунок 1. Карта-схема южной части Амурской области с указанием участков исследования

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Комплексный анализ морфологических характеристик исследуемых почв позволяет выделить в пределах ключевых участков следующие типы почв.

1. В пойме верхнего течения р. Амур три почвенных типа: аллювиальная серогумусовая «Umbric Fluvisols» и аллювиальная торфяно-глеевая «Gleyic Histic Fluvisols» (отдел: аллювиальные почвы); ржавозём остаточно-аллювиальный «Brunic Arenosols» (отдел: железисто-метаморфические почвы). В пределах типа аллювиальной серогумусовой почвы, выделяется подтип аллювиальная серогумусовая глееватая почва «Umbric Fluvisols (HypoGleyic)».

2. В пойме среднего течения р. Амур три почвенных типа: аллювиальная серогумусовая, аллювиальная перегнойно-глеевая «Gleyic Histic Fluvisols» (отдел: аллювиальные почвы); брунезём остаточно-аллювиальный «Pluvis Haeozems». В пределах типа аллювиальной серогумусовой почвы, также выделен подтип аллювиальная серогумусовая глееватая почва. Брунезёмы или лугово-бурые почвы отсутствуют в Классификации и диагностике почв России (2004) и выделяются преимущественно в классификациях дальневосточных почв (Ознобихин, 1994). Фотографии почвенных разрезов наиболее типичных изученных пойменных почв представлены в дополнительном материале к статье.

Результаты средних значений, минимального и максимального содержания обменных катионов и ЕКО, а также коэффициент варьирования приведены в таблице 1. На основе этих данных почвы были ранжированы по ЕКО. В почвах верхнего течения ЕКО убывает в направлении ржавозёмы остаточно-аллювиальные (среднее ЕКО по профилю 21 смоль(экв)/кг) – торфяно-глеевые (18 смоль(экв)/кг) – серогумусовые глееватые (18 смоль(экв)/кг) – серогумусовые почвы (13 смоль(экв)/кг). В почвах среднего течения ЕКО убывает в направлении перегнойно-глеевые (17 смоль(экв)/кг) – брунезёмы остаточно-аллювиальные (16 смоль(экв)/кг) – серогумусовые глееватые (15 смоль(экв)/кг) – серогумусовые (11 смоль(экв)/кг).

Таким образом, наиболее высокими значениями ЕКО характеризуются болотные и остаточно-аллювиальные почвы, что обусловлено более тяжелым гранулометрическим составом этих почв. Разница в ЕКО почв верхнего и среднего течения р. Амур незначительна. В почвах верхнего течения ЕКО выше в среднем на 2-3 смоль(экв)/кг.

Таблица 1

## Варьирование показателей ЕКО в почвах поймы р. Амур

Катион	Горизонт	n	μ	Min	Max	V	Верхний Амур					Средний Амур				
							Аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые почвы					Аллювиальные серогумусовые глееватые почвы				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Ca <sup>2+</sup>	T-H	5	11,74	3,64	15,88	40,03	20	17,04	2,74	33,30	52,63					
	G	5	5,96	2,42	12,14	63,24	11	10,14	2,70	17,50	50,72					
	CG	6	6,51	2,34	14,01	66,68	11	6,48	0,59	13,80	58,62					
Mg <sup>2+</sup>	T-H	5	3,38	1,40	5,60	51,19	20	5,60	1,54	15,20	78,66					
	G	5	2,61	1,10	6,54	86,11	11	4,52	1,21	9,04	49,89					
	CG	6	2,73	0,47	7,47	94,88	11	3,40	0,73	8,09	56,26					
H <sup>+</sup>	T-H	5	0,51	0,11	1,24	84,64	20	0,37	0,10	1,34	88,26					
	G	5	0,26	0,05	0,57	82,92	11	0,13	0,03	0,36	98,48					
	CG	6	0,11	0,05	0,18	50,06	11	0,08	0,00	0,28	130,51					
Al <sup>3+</sup>	T-H	5	11,24	2,58	30,42	99,80	20	2,55	0,00	10,80	121,50					
	G	5	6,71	1,56	16,92	90,03	11	0,72	0,00	4,81	197,11					
	CG	6	1,83	0,05	8,46	179,13	11	0,76	0,00	2,09	112,84					
ЕКО	T-H	5	26,87	9,00	49,58	54,85	20	25,61	10,06	49,05	50,14					
	G	5	15,55	8,00	25,03	45,82	11	15,85	6,14	25,78	43,95					
	CG	6	11,67	4,12	22,02	55,49	11	12,26	3,38	27,20	58,18					
Ca <sup>2+</sup>	AY	6	15,70	4,12	34,30	81,97	9	12,00	1,70	21,67	46,85					
	Cg	5	6,56	2,42	9,34	45,52	9	5,93	0,48	11,40	81,13					
	Dg	5	6,04	2,08	11,21	63,71	7	6,32	1,70	11,52	61,49					
Mg <sup>2+</sup>	AY	6	3,45	0,68	7,55	88,17	9	4,06	0,73	9,70	62,52					
	Cg	5	1,62	0,93	2,10	28,45	9	3,10	0,12	6,79	77,53					
	Dg	5	1,91	0,93	3,04	46,32	7	3,41	0,73	6,55	58,75					
H <sup>+</sup>	AY	6	0,34	0,18	0,58	49,47	9	0,15	0,04	0,34	60,06					
	Cg	5	0,13	0,11	0,17	21,76	9	0,07	0,02	0,12	62,55					
	Dg	5	0,12	0,08	0,17	30,93	7	0,07	0,02	0,17	69,09					
Al <sup>3+</sup>	AY	6	8,63	0,09	22,59	116,13	9	0,63	0,00	2,70	141,14					
	Cg	5	5,62	0,69	21,78	16,96	9	0,54	0,00	2,16	157,72					
	Dg	5	6,97	0,49	19,26	103,47	7	0,89	0,00	2,11	86,82					
ЕКО	AY	6	28,11	13,00	42,80	44,56	9	22,56	3,61	56,50	67,00					
	Cg	5	13,94	7,80	25,20	48,00	9	11,81	1,04	21,30	66,30					
	Dg	5	15,03	3,70	24,90	51,72	7	13,71	3,09	20,50	49,37					

Состав ЕКО почв верхнего и среднего течения р. Амур довольно сильно варьирует. Во всех почвах преобладающий катион – кальций. Вторым по содержанию в аллювиальных серогумусовых, ржавозёмах и brunезёмах остаточно-аллювиальных является магний. В торфяно-глеевых и серогумусовых глееватых почвах поймы верхнего Амура на втором месте по содержанию находится обменный алюминий, а в почвах среднего течения Амура – магний. Эта разница в составе ЕКО отражается на такой характеристике как степень насыщенности основаниями. Ее важность показывает следующий пример: если степень насыщенности превышает 80-85%, то даже при низких значениях  $pH_{KCl}$  токсичность алюминия, железа и марганца существенно ослабляется вследствие селективного поглощения корневыми системами растений ионов (Панасин и др., 2015). Вследствие высокой степени участия обменного алюминия в составе ЕКО насыщенность основаниями торфяных и серогумусовых глееватых почв верхнего течения не сопоставима с аналогичными почвами среднего течения р. Амур. В среднем течении насыщенность почв основаниями варьирует по профилю от 80 до 95% в перегнойно-глеевых почвах и от 75 до 93% в серогумусовых глееватых почвах. В верхнем течении степень насыщенности варьирует по профилю от 33 до 80% и от 52 до 68%, соответственно. Вероятно, это связано с более низкими значениями pH в почвах верхнего Амура, что вызывает увеличение концентрации  $Al^{3+}$  в растворе. Высокое содержание  $Al^{3+}$  занимает большую долю катионного обмена и уменьшает насыщенность основаниями (Duquette and Hendershot, 1987; Reuss et al., 1990). Степень насыщенности основаниями серогумусовых почв и остаточно-аллювиальных

примерно одинакова и варьирует по профилю от 70 до 90% в серогумусовых почвах и от 85 до 95% в остаточно-аллювиальных почвах.

*Продолжение таблицы 1*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Аллювиальные серогумусовые почвы											
Ca <sup>2+</sup>	AY	19	15,15	2,18	38,22	62,86	35	15,32	1,94	39,20	56,67
	C	18	6,87	1,94	14,31	46,51	41	5,98	0,61	48,98	122,87
	D	11	5,67	1,17	15,76	76,33	39	4,46	0,61	32,01	118,25
Mg <sup>2+</sup>	AY	19	3,20	0,48	12,74	85,31	35	4,48	0,00	14,21	63,04
	C	18	2,16	0,49	5,09	61,52	41	2,72	0,24	6,55	66,29
	D	11	1,84	0,20	6,07	99,03	39	1,96	0,05	6,69	84,47
H <sup>+</sup>	AY	19	0,23	0,03	1,38	136,29	35	0,22	0,00	0,75	80,86
	C	18	0,08	0,01	0,23	70,66	41	0,13	0,00	1,13	149,94
	D	11	0,09	0,03	0,29	80,93	39	0,08	0,01	0,29	95,96
Al <sup>3+</sup>	AY	19	1,33	0,00	10,03	172,09	35	0,97	0,00	7,20	184,97
	C	18	1,32	0,08	6,75	154,79	41	1,34	0,00	9,49	172,42
	D	11	3,31	0,09	21,69	197,23	39	1,10	0,00	14,40	243,97
ЕКО	AY	19	19,92	5,00	51,50	59,77	35	21,12	6,20	53,41	49,07
	C	18	10,44	3,50	20,99	49,56	41	11,56	0,96	52,85	82,05
	D	11	10,92	2,73	25,50	78,57	39	7,73	0,99	36,48	90,74
Ржавоземы и brunеземы остаточно-аллювиальные											
Ca <sup>2+</sup>	AY	4	20,50	12,12	36,46	54,19	5	13,81	7,86	18,70	32,03
	BM	4	14,58	11,76	15,88	13,04	7	8,20	2,42	12,87	48,09
	C	4	11,95	6,25	14,55	32,26	5	10,07	1,21	20,00	69,27
Mg <sup>2+</sup>	AY	4	5,81	2,94	8,23	42,48	5	4,65	2,35	8,62	53,89
	BM	4	4,25	2,79	6,07	39,94	7	4,77	2,55	7,72	41,91
	C	4	4,31	1,59	7,00	58,63	5	5,43	1,21	7,64	47,11
H <sup>+</sup>	AY	4	0,38	0,09	0,96	103,29	5	0,22	0,10	0,39	49,06
	BM	4	0,19	0,06	0,36	72,20	7	0,28	0,03	1,23	153,64
	C	4	0,20	0,04	0,50	104,66	5	0,14	0,03	0,39	100,67
Al <sup>3+</sup>	AY	4	1,07	0,19	2,61	104,54	5	0,76	0,05	2,70	148,64
	BM	4	0,64	0,15	1,26	76,39	7	1,48	0,02	4,83	112,19
	C	4	1,56	0,09	4,86	141,78	5	0,65	0,04	2,25	142,51
ЕКО	AY	4	27,75	17,20	45,80	48,23	5	19,44	12,20	24,80	25,39
	BM	4	19,67	15,10	23,57	19,05	7	14,64	9,50	20,40	32,96
	C	4	18,04	8,00	26,37	42,99	5	16,89	4,70	27,40	48,99

Максимальное значение ЕКО, как правило, отмечается в органогенном горизонте, что соотносится с данными о том, что с органическим веществом связано от 25 до 90% от общей ЕКО (Van Dijk, 1971; Oades et al., 1989). Поэтому между содержанием органического вещества и значениями ЕКО существует сильная корреляция (Harada and Inoko, 1975). Она обусловлена двумя факторами. Во-первых, органическое вещество оказывает сильное влияние на ЕКО посредством усиления диссоциации некоторых функциональных групп (карбоксильных и фенольных гидроксидов), в результате чего увеличивается количество отрицательных зарядов у гумуса и усиливается его комплексообразование с обменными катионами (Brady, Weil, 2002; Chapin et al., 2011). Во-вторых, органическое вещество образует органо-минеральные комплексы с глинистыми минералами, в которых участвуют в качестве соединительных звеньев обменные катионы (например, Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> и Al<sup>3+</sup>), что приводит к повышению ЕКО (Brady, Weil, 2002; Mueller et al., 2012). Вместе с тем органическая составляющая почвы влияет на ЕКО в зависимости от других почвенных условий (характера породы и степени ее выветрелости, реакции почвенной среды, количества органического вещества в почве и его природы) (Кленов и Якутин, 2017). Например, водород фенолгидроксильных групп замещается обменными катионами лишь при щелочной реакции (Орлов и Гришина, 1981).

Учитывая важность органического вещества в формировании ЕКО, в исследуемых почвах проведен корреляционный анализ по выявлению взаимосвязей между содержанием органического вещества, значением ЕКО и содержанием отдельных катионов (таблица 2). Полученные результаты

показали, что достоверные коэффициенты корреляции (R) между органическим веществом и ЕКО выявлены только в почвах верхнего течения р. Амур, за исключением торфяно-глеевой почвы. Вероятно, разница между почвами верхнего и среднего течения р. Амур обусловлена строением поймы. В верхнем течении поймы адаптивно-врезанные, небольшие по размеру чаще подвержены затоплению и, как следствие, обновлению почвенного профиля. Также высокие скорости течения, характерные для горной речной долины верхнего Амура, обуславливают отложение более крупного аллювия на пойме. Поэтому формируемые почвы характеризуются легким гранулометрическим составом, а в таких почвах органическое вещество играет более важную роль в формировании ЕКО (Johnson, 2002). В среднем течении Амура поймы преимущественно широкопойменного типа, развивающиеся на протяжении длительного времени. Сформированные на этих поймах почвы, характеризуются значительным выветриванием исходного почвенного аллювия. В таких почвах ЕКО в большей мере будет обусловлена содержанием глинистых минералов, что особенно проявилось в статистически незначимой ( $P > 0.05$ ) корреляции между углеродом органического вещества и ЕКО в глинистых брунезёмах остаточно-аллювиальных. Данное правило относится и к торфяно-глеевым почвам верхнего течения, которые формируются в пойменных депрессиях, где во время паводков отлагаются илистые и глинистые частицы, приводя к формированию тяжелых по гранулометрическому составу почв. Также низкие значения R между органическим веществом и ЕКО в торфяно-глеевых почвах обусловлены нахождением органического вещества в виде торфа, состоящего из слаборазложившихся растительных остатков, характеризующихся низкой поглощательной способностью.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции (Пирсона) между содержанием углерода органического вещества и обменными катионами

Почвы	Коэффициенты корреляции между катионами и углеродом органического вещества				
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	ЕКО
Верхнее течение р. Амур					
Аллювиальная торфяно-глеевая почва	0,50	0,24	0,78	0,31	0,40
Аллювиальная серогумусовая почва	0,81	0,58	0,87	-0,87	0,74
Аллювиальная серогумусовая глееватая почва	0,86	0,83	0,94	-0,14	0,76
Ржавозём остаточно-аллювиальный	0,93	0,58	0,83	-0,12	0,86
Среднее течение р. Амур					
Аллювиальная перегнойно-глеевая почва	0,67	0,29	0,69	0,49	0,65
Аллювиальная серогумусовая почва	0,68	0,62	0,25	0,01	0,68
Аллювиальная серогумусовая глееватая почва	0,61	0,17	0,56	-0,16	0,64
Брунезём остаточно-аллювиальный	0,42	-0,05	0,01	-0,03	0,33

Если анализировать корреляцию между содержанием органического вещества и обменными катионами, то ожидаемо высокие коэффициенты корреляции обнаруживаются у кальция и частично у магния, сорбирующихся на отрицательных электростатических участках. Также прослеживается сильная положительная взаимосвязь с водородом, что объясняется его происхождением. Основным источником H<sup>+</sup> являются кислые функциональные группы гумусовых веществ (Панасин и др., 2015). Алюминий имел преимущественно отрицательную корреляцию с органическим углеродом почвы. Следовательно, органическое вещество не оказывает значительного влияния на содержание Al<sup>3+</sup>, которое преимущественно обусловлено глинистыми минералами.

## ВЫВОДЫ

Наиболее высокой ЕКО характеризуются болотные почвы (торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые) и остаточно-аллювиальные почвы (ржавозёмы и брунезёмы). Самой низкой ЕКО обладают аллювиальные серогумусовые почвы.

В почвах поймы верхнего течения р. Амур ЕКО выше, чем в почвах среднего течения, но разница незначительна.

Преобладающим катионом в ЕКО во всех почвах является кальций.

Насыщенность основаниями снижается в ряду: остаточно-аллювиальные почвы (ржавозёмы и брунезёмы) – аллювиальные серогумусовые почвы – аллювиальные серогумусовые глееватые – болотные (торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые).

Коэффициент корреляции между ЕКО и органическим веществом во многом обусловлен характером речной сети и строением поймы, которые определяют гранулометрический состав и возраст почв. В молодых легких по гранулометрическому составу почвах между органическим веществом и ЕКО наблюдается сильная положительная корреляция, а в более зрелых почвах с большим содержанием илестых и глинистых частиц преимущественно умеренная корреляция.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00151 а.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алябина И.О. *Закономерности формирования поглотительной способности почв*. М.: РЭФИА, 1998. 47 с.
2. Винокуров М.А. Емкость обмена минерального и органического комплекса // *Почвоведение*. 1941. № 5. С.33–43.
3. Гедройц К.К. *Избранные труды*. М.: Наука. 1975. 639 с
4. Дюшофур Ф. *Основы почвоведения. Эволюция почв*. М.: Прогресс, 1970. 592 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. Кленов Б.М., Якутин М.В. Емкость катионного обмена и органическая составляющая выщелоченных черноземов Приобья // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2017. Том 4. № 2. С. 166-170.
7. Костенко И.В. Состав обменных катионов и кислотность почв горного Крыма // *Почвоведение*. 2015 № 8. С. 932–942. doi: [10.7868/S0032180X1508002X](https://doi.org/10.7868/S0032180X1508002X)
8. Мартынов А.В. *Влияние регулирования речного стока на почвенный покров пойм крупных рек Зейско-Селемджинской равнины* // Дисс... к.г.н. Хабаровск, 2013. 237 с.
9. Новицкий М.В., Донских И.Н., Чернов Д.В. *Лабораторно-практические занятия по почвоведению*. СПб.: Проспект Науки, 2009. 320 с.
10. Ознобихин, В.И., Синельников, Э.П., Рыбачук, Н.А. *Классификация и агропроизводственные группировки почв Приморского края*. Владивосток: ДВО РАН, 1994. 93 с.
11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. *Практикум по химии гумуса*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. 272 с.
12. Панасин В.И., Новикова С.И., Рымаренко Д.А. Агрохимические аспекты кислотно-основных свойств дерново-подзолистых почв // *Мир инноваций*. 2015. №1-4. С.125-131.
13. Bayley P.B. Understanding large river-floodplain ecosystems: Significant economic advantages and increased biodiversity and stability would result from restoration of impaired systems // *Bioscience*. 1995. Vol. 45. p. 153-158. doi: [10.2307/1312554](https://doi.org/10.2307/1312554)
14. Brady N.C., Weil, R.R. *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
15. Chapin F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. New York: Springer, 2011. doi:[10.1007/978-1-4419-9504-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9)
16. Chen D., Lan Z., Bai X., Grace J.B., Bai, Y. Evidence that acidification-induced declines in plant diversity and productivity are mediated by changes in below-ground communities and soil properties in a semi-arid steppe // *Journal of Ecology*. 2013. Vol. 101. No 5. p.1322–1334. doi:[10.1111/1365-2745.12119](https://doi.org/10.1111/1365-2745.12119)
17. DeHayes D.H., Schaberg, P.G., Hawley G.J., Strimbeck G.R. Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health—Alteration of membrane-associated calcium leads to membrane destabilization and foliar injury in red spruce // *Bioscience*. 1999. Vol. 49. No 10. p. 789–800. doi:[10.2307/1313570](https://doi.org/10.2307/1313570)
18. Demchik M.C., Sharpe W.E. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (*Quercus rubra* L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality // *Forest Ecology and Management*. 2000. Vol. 136. No 1-3. p. 199–207. doi:[10.1016/s0378-1127\(99\)00307-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00307-2)
19. Duquette M., Hendershot W.H. Contribution of exchangeable aluminum to cation exchange capacity at low pH // *Can. J. Soil Sci.* 1987. Vol. 67. p. 175–185.
20. Harada, Y., Inoko, A. Cation-exchange properties of soil organic matter. I. Effects of conditions for the measurement on cation-exchange capacity values of humic acid preparations // *Soil Science and Plant Nutrition*. 1975. Vol. 21. No 4. p. 361–369. doi: [10.1080/00380768.1975.10432651](https://doi.org/10.1080/00380768.1975.10432651)
21. Johnson C.E. Cation exchange properties of acid forest soils of the north eastern USA // *European Journal of Soil Science*. 2002. Vol. 53. p. 271–282. doi:[10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x)
22. Lieb A. M., Darrouzet-Nardi A., Bowman, W.D. Nitrogen deposition decreases acid buffering capacity of alpine soils in the southern Rocky Mountains // *Geoderma*. 2011. Vol.164. No 3-4. p. 220–224. doi:[10.1016/j.geoderma.2011.06.013](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.06.013)
23. Lu X., Mao Q., Mo J., Gilliam F.S., Zhou G., Luo Y. Huang J. Divergent responses of soil buffering capacity to long-term N deposition in three typical tropical forests with different land-use history // *Environmental Science & Technology*. 2015. Vol. 49. No7. p. 4072–4080. doi:[10.1021/es5047233](https://doi.org/10.1021/es5047233)
24. Lucas R.W., Klaminder J., Futter M.N., Bishop K.H., Egnell G., Laudon H., Hugberg, P. A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base cations: Implications for plants, soils, and streams. // *Forest Ecology and Management*. 2011. Vol. 262. No 2. p. 95–104. doi: [10.1016/j.foreco.2011.03.018](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.018)

25. Luo W.T., Nelson P.N., Li M.-H., Cai J.P., Zhang Y.Y., Zhang Y.G., Jiang Y. Contrasting pH buffering patterns in neutral-alkaline soils along a 3600 km transect in northern China // *Biogeosciences*. 2015. Vol.12. No23. p. 7047–7056. doi: [10.5194/bg-12-7047-2015](https://doi.org/10.5194/bg-12-7047-2015)
26. McLaughlin S.B., Wimmer R. Tansley review no. 104–Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes // *The New Phytologist*. 1999. Vol. 142. No3. p. 373–417. doi: [10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x](https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x)
27. Mueller K.E., Eissenstat D.M., Hobbie S.E. et al. Tree species effects on coupled cycles of carbon, nitrogen, and acidity in mineral soils at a common garden experiment // *Biogeochemistry*. 2012. Vol. 111. No1-3. p. 601–614. doi: [10.1007/s10533-011-9695-7](https://doi.org/10.1007/s10533-011-9695-7)
28. Oades J.M., Gillman G.P., Uehara G., et al. *Interactions of soil organic matter and variable-charge clays* // Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. University of Hawaii Press, Honolulu, 1989. P.69–95.
29. Reuss J.O., Walthall P.M., Roswall E.C., Hopper R.W.E. Aluminum solubility, calcium-aluminum exchange, and pH in acid forest soils // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1990. Vol. 54. p. 374–380. doi: [10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x](https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x)
30. Ruiz Sinoga J.D., Pariente S. Romero Diaz A., Martinez Murillo J.F. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain) // *Catena*. 2012. Vol. 94. p.17–25. doi: [10.1016/j.catena.2011.06.004](https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.004)
31. Van Dijk H. Colloid chemical properties of humic matter // *Soil Biochemistry*. 1971. Vol.2. p. 16–35.
32. Walder K, Walder O, Rinklebe J, Menz J. Estimation of soil properties with geostatistical methods in floodplains // *Arch Agron Soil Sci*. 2008. Vol. 54. p.275–295. doi: [10.1080/03650340701488485](https://doi.org/10.1080/03650340701488485)
33. Xu R., Zhao A., Yuan J., Jiang, J. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars // *Journal of Soils and Sediments*. 2012. Vol. 12. No4. p. 494–502. doi: [10.1007/s11368-012-0483-3](https://doi.org/10.1007/s11368-012-0483-3)
34. *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.*

Поступила в редакцию 23.04.2019

Принята 26.06.2019

Опубликована 14.07.2019

#### Сведения об авторе:

**Мартынов Александр Викторович** – кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геоэкологии Института геологии и природопользования ДВО РАН (г. Благовещенск, Россия); [lexx\\_1981@list.ru](mailto:lexx_1981@list.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/)

## CATION EXCHANGE CAPACITY IN THE AMUR RIVER FLOODPLAIN SOILS: SORPTION OF EXCHANGEABLE CATIONS BY ORGANIC MATTER

© 2019 A.V. Martynov 

Address: Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russia. E-mail: [lexx\\_1981@list.ru](mailto:lexx_1981@list.ru)

**The aim of the study.** To determine cation exchange capacity (CEC) and the saturation with basic cations of different types of the Amur River floodplain soils and reveal the relationship between CEC and soil organic matter (SOM) content.

**Location and time.** The upper and mid-stream of the Amur River in the period from 2011 to 2015.

**Methodology.** In this study CEC was estimated as the sum of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . Exchangeable hydrogen and aluminum were determined using 1N KCl. Exchangeable calcium and magnesium were measured by the complexometric method using  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . The SOM carbon content was determined by dichromate digestion. Correlation was performed by the Pearson method.

**Main results.** The highest CEC (the average ranging from 16 to 21  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ) was found in Gleyic Histic Fluvisols and residual alluvial soils (Brunic Arenosols and Pluvic Haeozems). Umbric Fluvisols had the lowest CEC ranging from 11 to 13  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ . The base saturation decreased in the range: residual-alluvial soils (Brunic Arenosols and Pluvic Haeozems) (85–95%) - Umbric Fluvisols (70–90%) - Umbric Fluvisols (HypoGleyic) (52–90%) - Gleyic Histic Fluvisols (33–95%). The light-textured young soils had high (>0.75)

correlation between SOM and CEC, whereas developed heavy-textured soils showed moderate correlation (0,40-0,70).

**Conclusion.** Alluvial soils of the Amur River floodplain are characterized by moderate CEC values, mostly with high degree of saturation. The relationship between CEC and SOM is determined by soil granulometric composition and bedrock weathering.

**Key words:** exchangeable cations; alluvial soils; the Amur River; organic matter; correlation analysis

**How to cite:** Martynov A.V. Cation exchange capacity of the Amur River floodplain soils: sorption of exchangeable cations by organic matter // *The Journal of Soils and Environment*. 2019. 2(2). e65 doi: [10.31251/pos.v2i2.65](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.65) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

1. Alyabina I.O. *Patterns of formation of the absorption capacity of the soil*. Moscow: REFIA Publ., 1998. 47 p. (in Russian)
2. Vinokurov M.A. The exchange capacity of the mineral and organic complex, *Pochvovedenie*, 1941, No5, p. 33–43. (in Russian)
3. Gedroits K.K. *Selected Works*. Moscow: Science. 1975. 639 p. (in Russian)
4. Duchofour F. *Basics of Soil Science. The evolution of the soil*. Moscow: Progress Publ., 1970. 592 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. Klenov B.M., Yakutin M.V. The cation exchange capacity and the organic component of Priobye's leached Chernozem, *Interexpo Geo-Siberia, 2017, Vol. 4, No2, p. 166–170*. (in Russian)
7. Kostenko I.V. Composition of exchangeable bases and acidity in soils of the Crimean Mountains. *Eurasian Soil Science*, 2015, Vol. 48, No8, p. 812–822. doi: [10.1134/S1064229315080025](https://doi.org/10.1134/S1064229315080025)
8. Martynov A.V. *Influence of regulation of river flow on the soil cover of the floodplains of large rivers of the Zeya-Selemdzhinsky plain, Diss ... of Cand.. Geogra...Sci. Khabarovsk, 2013. 237 p.* (in Russian)
9. Novitsky M.V., Donskikh I.N., Chernov D.V. *Laboratory and practical classes in soil science*. SPb.: Prospect of Science Publ., 2009. 320 p. (in Russian)
10. Oznobikhin, V.I., Sinelnikov, E.P., Rybachuk, N.A. *Classification and agro-industrial groups of soils of the Primorsky Territory*. Vladivostok: Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 1994. 93 p. (in Russian)
11. Orlov D.S., Grishina L.A. *Workshop on the chemistry of humus*. Moscow: Moscow University Publ., 1981. 272 p. (in Russian)
12. Panasin V.I., Novikova S.I., Rymarenko D.A. Agrochemical aspects of acid-base properties of der new podzols, *World of Innovations*, 2015, №1-4, p.125-131. (in Russian)
13. Bayley P.B. Understanding large river-floodplain ecosystems: Significant economic advantages and increased biodiversity and stability would result from restoration of impaired systems, *Bioscience*, 1995, Vol. 45, Iss. 3, p.153-158. doi: [10.2307/1312554](https://doi.org/10.2307/1312554)
14. Brady N.C., Weil, R.R. *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey: Prentice Hall, 2002.
15. Chapin F.S., Matson, P.A., Vitousek, P.M. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. New York: Springer, 2011. doi:[10.1007/978-1-4419-9504-9](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9504-9)
16. Chen D., Lan Z., Bai X., Grace J.B., Bai, Y. Evidence that acidification-induced declines in plant diversity and productivity are mediated by changes in below-ground communities and soil properties in a semi-arid steppe. *J Ecol*, 2013, Vol. 101, No 5, p.1322–1334. doi:[10.1111/1365-2745.12119](https://doi.org/10.1111/1365-2745.12119)
17. DeHayes D.H., Schaberg, P.G., Hawley G.J., Strimbeck G.R. Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health—Alteration of membrane-associated calcium leads to membrane destabilization and foliar injury in red spruce, *Bioscience*, 1999, Vol. 49, No10, p. 789–800. doi:[10.2307/1313570](https://doi.org/10.2307/1313570)
18. Demchik M.C., Sharpe W.E. The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (*Quercus rubra* L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality, *Forest Ecol Manag*, 2000, Vol. 136, No 1-3, p. 199–207. doi:[10.1016/s0378-1127\(99\)00307-2](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00307-2)
19. Duquette M., Hendershot W.H. Contribution of exchangeable aluminum to cation exchange capacity at low pH, *Can. J. Soil Sci*, 1987, Vol. 67, p. 175–185.
20. Harada, Y., Inoko, A. Cation-exchange properties of soil organic matter. I. Effects of conditions for the measurement on cation-exchange capacity values of humic acid preparations, *Soil Sci Plant Nutr*, 1975, Vol. 21, No 4, p. 361–369. doi: [10.1080/00380768.1975.10432651](https://doi.org/10.1080/00380768.1975.10432651)
21. Johnson C.E. Cation exchange properties of acid forest soils of the northeastern USA, *Eur J Soil Sci*, 2002, Vol. 53, p. 271–282. doi:[10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00441.x)
22. Lieb A. M., Darrouzet-Nardi A., Bowman, W.D. Nitrogen deposition decreases acid buffering capacity of alpine soils in the southern Rocky Mountains, *Geoderma*, 2011, Vol.164, No3-4, p. 220–224. doi:[10.1016/j.geoderma.2011.06.013](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.06.013)

23. Lu X., Mao Q., Mo J. et al. Divergent responses of soil buffering capacity to long-term N deposition in three typical tropical forests with different land-use history. *Environ Sci Technol*, 2015, Vol. 49, No7, p. 4072–4080. doi:[10.1021/es5047233](https://doi.org/10.1021/es5047233)
24. Lucas R.W., Klaminder J., Futter M.N., Bishop K.H., Egnell G., Laudon H., Hugberg, P. A meta-analysis of the effects of nitrogen additions on base cations: Implications for plants, soils, and streams, *Forest Ecol Manag*, 2011, Vol. 262, No 2, p. 95–104. doi:[10.1016/j.foreco.2011.03.018](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.018)
25. Luo W.T., Nelson P.N., Li M.-H., et al. Contrasting pH buffering patterns in neutral-alkaline soils along a 3600 km transect in northern China, *Biogeosciences*, 2015, Vol.12, No23, p. 7047–7056. doi: [10.5194/bg-12-7047-2015](https://doi.org/10.5194/bg-12-7047-2015)
26. McLaughlin S.B., Wimmer R. Tansley review no. 104–Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes, *The New Phytologist*, 1999, Vol. 142, No3, p. 373–417. doi: [10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x](https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.1999.00420.x)
27. Mueller K.E., Eissenstat D.M., Hobbie S.E. et al. Tree species effects on coupled cycles of carbon, nitrogen, and acidity in mineral soils at a common garden experiment, *Biogeochemistry*, 2012, Vol. 111, No1-3, p. 601–614. doi: [10.1007/s10533-011-9695-7](https://doi.org/10.1007/s10533-011-9695-7)
28. Oades J.M., Gillman G.P., Uehara G., Hue N.V. et al. *Interactions of soil organic matter and variable-charge clays*. In book: Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems. University of Hawaii Press, Honolulu, 1989, p. 69–95.
29. Reuss J.O., Walthall P.M., Roswall E.C., Hopper R.W.E. Aluminum solubility, calcium-aluminum exchange, and pH in acid forest soils, *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 1990, Vol.54, p. 374–380. doi: [10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x](https://doi.org/10.2136/sssaj1990.03615995005400020013x)
30. Ruiz Sinoga J.D., Pariente S. Romero Diaz A., Martinez Murillo J.F. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain), *Catena*, 2012, Vol. 94, p.17–25. doi: [10.1016/j.catena.2011.06.004](https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.004)
31. Van Dijk H. Colloid chemical properties of humic matter, *Soil Biochemistry*, 1971, Vol.2, p. 16–35.
32. Walder K, Walder O, Rinklebe J, Menz J. Estimation of soil properties with geostatistical methods in floodplains, *Arch Agron Soil Sci*, 2008, Vol. 54, p.275–295. doi: [10.1080/03650340701488485](https://doi.org/10.1080/03650340701488485)
33. Xu R., Zhao A., Yuan J., Jiang, J. pH buffering capacity of acid soils from tropical and subtropical regions of China as influenced by incorporation of crop straw biochars, *J Soil Sediment*, 2012, Vol. 12, No4, p. 494–502. doi: [10.1007/s11368-012-0483-3](https://doi.org/10.1007/s11368-012-0483-3)
34. *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.

Received 23 April 2019

Accepted 21 June 2019

Published 14 July 2019

#### About the author:

**Martynov Alexander V.** - Candidate of Sciences in Geography, Researcher at the Laboratory of Geocology, Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Blagoveshchensk, Russia); [lexx\\_1981@list.ru](mailto:lexx_1981@list.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/)



## ДИАГНОСТИКА КАЛИЙНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2019 В. Н. Якименко<sup>1</sup>, В. С. Бойко<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: [yakimenko@issa-siberia.ru](mailto:yakimenko@issa-siberia.ru)

<sup>2</sup> ФГБНУ Омский аграрный научный центр, пр. Королева, 26, г. Омск, 644012, Россия.  
E-mail: [boicko.vasily2011@yandex.ru](mailto:boicko.vasily2011@yandex.ru)

**Цель исследования.** Целью было рассмотреть полученные в ряде опытов показатели и предложить градации обеспеченности почв калием. Обоснована необходимость проведения оценки калийного состояния почв на основе комплексного использования нескольких диагностических показателей, характеризующих калийный фонд почвы, как с количественной, так и с качественной стороны; при этом обязателен учет свойств конкретной почвы – гранулометрического состава и емкости катионного обмена. Проведена диагностика калийного состояния почв длительных полевых опытов, проводимых в лесостепной зоне Западной Сибири.

**Заключение.** Установлено, что за 40 лет опытов на лугово-черноземной почве с исходно очень высокой калийной обеспеченностью, содержание обменного калия уменьшилось с 60 до 30 мг/100 г почвы; при этом уровень легкообменного калия снизился с 4 до 1,1-1,2 мг/100 г, свидетельствуя о существенном ухудшении десорбционной способности почвы в отношении калия. В серой лесной почве, исходно среднеобеспеченной доступным растениям калием, содержание его обменной и легкообменной формы снизилось за 5-7 лет проведения опытов до критического, минимального уровня (соответственно, с 12 и 2 до 6-7 и 0,4-0,5 мг/100 г), на котором и оставалось все последующие годы (25 лет); систематическое внесение калия на фоне NP обеспечивало оптимизацию калийного состояния почвы.

**Ключевые слова:** калий; почва; агроценоз; диагностика; показатели и градации оценки калийного состояния почвы

**Цитирование:** Якименко В.Н., Бойко В.Н. Диагностика калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2019. Том 2. № 2. е74. doi: [10.31251/pos.v2i2.74](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.74)

Оптимальная обеспеченность пахотных почв калием является одним из обязательных условий высокой продуктивности выращиваемых на них культур и устойчивого функционирования агроэкосистем. Тем не менее, использование калийных удобрений в земледелии России, а, особенно, Сибири, находится на минимальном уровне; даже при получаемых невысоких урожаях ежегодный дефицит баланса калия в среднем превышает 30 кг/га (Прокошев, Дерюгин, 2000). Очевидно, что перманентное истощение плодородия почв в отношении калия неизбежно приведет к лимитированию калийного питания выращиваемых культур, существенному снижению количества и качества растениеводческой продукции.

Эффективное регулирование калийного состояния пахотных почв в немалой степени зависит от методики его оценки. Следует сказать, что существующая рутинная система почвенной калийной диагностики достаточно несовершенна и не всегда позволяет реально оценить эффективное плодородие почв. Ранее неоднократно отмечалась недостаточная информативность стандартных градаций обеспеченности почв калием и целесообразность перехода к совокупности региональных шкал, необходимость комплексного использования нескольких диагностических показателей. Применяемые в Агрохимслужбе при определении содержания обменного калия в почвах кислотные (соляно- и уксуснокислые) вытяжки часто дают завышенные результаты, создавая иллюзию относительно благополучной калийной обеспеченности пахотных угодий. Существенным недостатком используемых при этом градаций является их полная усредненность, безотносительность к важным в отношении калия почвенным свойствам – емкости катионного обмена и гранулометрическому составу, что также не всегда делает трактовку полученных результатов адекватной (Авакян, 1981; Носов и др., 1997; Прокошев, Дерюгин, 2000; Шаймухаметов, Травникова, 2000; Якименко, 2003, 2009). В этой связи, учитывая нарастающее истощение пахотных почв в отношении калия, изучение их калийного состояния, корректировка методов и градаций оценки обеспеченности почв этим элементом весьма актуальны.

Целью данного сообщения было рассмотреть методы и предлагаемые градации оценки обеспеченности почв калием и с их помощью диагностировать калийное состояние почв длительных полевых опытов, проведенных в лесостепной зоне Западной Сибири.

Калийный фонд почвы обусловлен системой позиций в почвенной минеральной основе, удерживающих катионы калия с различной степенью интенсивности. Обычно эту систему подразделяют на четыре компонента: калий почвенного раствора – К обменный – К необменный – К минерального скелета; первые три из них в значительной мере взаимосвязаны и определяют эффективное плодородие почвы в отношении этого элемента. Их количественное определение с помощью химических методов и является наиболее целесообразным при мониторинге калийного состояния пахотных почв (Никитина и др., 2011; Носов и др., 1997; Прокошев, Дерюгин, 2000; Якименко, 2003, 2018).

Анализ литературных данных и собственное сравнительное изучение ряда методов почвенной калийной диагностики (Никитина и др., 2011; Носов и др., 1997; Прокошев, Дерюгин, 2000; Якименко, 2003, 2009, 2018) позволили нам в своих исследованиях отдать предпочтение следующим из них: при определении калия почвенного раствора (легкообменного) – экстракция 0,0025 М  $\text{CaCl}_2$ , обменного – 1 М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (метод Масловой), необменного – 1 М  $\text{HNO}_3$ . Следует сказать, что многие методы определения форм калия в почве отражают, в принципе, общее направление изменения почвенного калийного состояния – при сильнодефицитном балансе содержание калия снижается, а при положительном – возрастает. Однако адекватность трактовки полученных результатов с точки зрения обеспеченности растений калием, особенно в среднем диапазоне значений, зависит от используемых методов и градаций диагностики.

Отдельно отметим, что основные массивы пахотных почв Западной Сибири расположены в лесостепи и северной степи, а стандартным методом для определения обменного калия в почвах этой зоны в системе Агрохимслужбы является метод Чирикова (экстрагент 0,5 М уксусная кислота), соответственно, широко использующийся в регионе. Учитывая важность проводимых работ по массовому агрохимическому обследованию сельскохозяйственных угодий для практического земледелия и насущную необходимость создания реальной картины калийного состояния пахотных почв, в ряде ранее выполненных нами исследований (Якименко, 2003, 2009) осуществляли параллельное определение обменного калия в почвах методами Масловой и Чирикова, а полученные результаты были использованы при разработке градаций калийной обеспеченности почв.

В проведенных многолетних полевых и вегетационных опытах определяли продуктивность выращиваемых культур при различных уровнях их калийного питания с параллельным мониторингом содержания форм калия в почвах. Сопоставление данных по урожайности растений с результатами химических анализов соответствующих почвенных образцов позволило уточнить показатели и параметры оценки калийного состояния изученных почв и определить степень нуждаемости культур в дополнительном внесении калия.

Исследования показали, что уровень концентрации калия в почвенном растворе (легкообменный калий) хорошо демонстрирует текущие условия калийной обеспеченности культур, дает представление о степени истощенности почвы, ее способности десорбировать ионы этого элемента в раствор. Данный показатель является довольно универсальным, не зависящим от свойств почв, т.к. 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. На основании проведенных длительных опытов (Якименко, 2003) нами разработаны градации обеспеченности калием основных пахотных почв Западной Сибири по содержанию в них легкообменного калия (извлекаемого 0,0025 М раствором  $\text{CaCl}_2$ ; табл. 1). Как правило, содержание легкообменного калия в почве менее 1 мг/100 г свидетельствует о сильном истощении в ней легко подвижных фракций этого элемента и явно дефицитном питании культур. При уровне концентрации калия почвенного раствора в интервале 1-2 мг/100 г обеспеченность им растений неустойчивая. Наиболее благоприятные условия калийного питания выращиваемых культур складываются при значениях этого показателя в пределах 2-3 мг/100 г почвы. Дальнейший рост концентрации катионов калия в почвенном растворе может приводить к большим непроизводительным потерям этого элемента за счет избыточного, непродуктивного потребления растениями и возможного вымывания за пределы корнеобитаемого слоя.

Таблица 1

Градации обеспеченности легкообменным калием (0,0025 М CaCl<sub>2</sub>)  
пахотных почв Западной Сибири

Обеспеченность	Содержание калия, мг К/100 г почвы
Низкая	< 1
Неустойчивая	1-2
Оптимальная	2-3
Повышенная	> 3

Основным донором для восстановления в почвенном растворе уровня калия, снижающегося при потреблении культурами, является фонд его обменной формы (калий почвенного поглощающего комплекса). Опыты по пролонгированному вытеснению из почв форм калия показали, что общее количество мобилизованного почвами легкообменного калия (или калия почвенного раствора) очень близко величине запаса обменной формы элемента (Якименко, 2005). Содержание обменного калия является основным, а, зачастую, и единственным показателем, используемым при мониторинге калийного состояния почв и изучении режима калия в агроценозах.

Известно, что подвижность обменного калия в почвах, а, следовательно, и его доступность растениям, тесно зависит (обратная пропорция) от емкости катионного обмена (ЕКО) и гранулометрического состава почв; поэтому учет данных характеристик при почвенной калийной диагностике является обязательным. Результаты проведенных исследований на различных разновидностях почв позволили разработать градации обеспеченности выращиваемых культур калием по содержанию его обменной формы в зависимости от почвенного гранулометрического состава (табл. 2).

Таблица 2

Градации обеспеченности обменным калием почв лесостепи Западной Сибири, мг К/ 100 г почвы

Обеспеченность	Гранулометрический состав почвы:					
	легкосуглинистый		среднесуглинистый		тяжелосуглинистый	
	по Чирикову	по Масловой	по Чирикову	по Масловой	по Чирикову	по Масловой
Низкая	< 6	< 10	< 10	< 15	< 14	< 20
Неустойчивая	6 – 10	10 – 15	10 – 14	15 – 20	14 – 18	20 – 25
Оптимальная	10 – 14	15 – 20	14 – 18	20 – 25	18 – 22	25 – 30
Повышенная	> 14	> 20	> 18	> 25	> 22	> 30

Выделяемые в табл. 2 градации, с точки зрения обеспеченности культур почвенным калием, имеют следующий смысл:

Низкая обеспеченность – при таком содержании обменного калия в почве он находится в «первом минимуме» для культур со слабой способностью к его мобилизации (картофель, морковь и др.); «одностороннее» внесение NP-удобрений под них не дает положительного результата и может вызывать угнетение растений; даже небольшие дозы калийных удобрений резко увеличивают урожай.

Неустойчивая – для растений с высокой способностью к усвоению почвенного калия (злаковые культуры и др.) этот элемент не находится в «первом минимуме» даже при «минимальном» уровне обменного калия в почве, однако их продуктивность заметно лимитирована. При данной обеспеченности культур почвенным калием дополнительное его внесение на фоне NP существенно увеличивает урожайность всех культур.

Оптимальная – при таком содержании обменного калия в почве использование рациональных доз NP обеспечивает максимальную прибавку урожая, а дополнительное внесение калийных удобрений малоэффективно.

Повышенная – существенное положительное влияние на продуктивность выращиваемых культур наблюдается только в стрессовых ситуациях (засуха, избыточное увлажнение и т.п.); в благоприятных условиях урожайность мало отличается от предыдущей градации. У культур со слабыми адаптационными способностями к уровню калийного питания отмечается большой непродуктивный вынос калия с урожаем.

Исследования показали (Якименко, 2003), что содержание обменного калия в почвах при интенсивном (или длительном) некомпенсируемом выносе элемента в агроценозах постепенно достигает определенного «минимального» уровня, который впоследствии практически не изменяется, несмотря на продолжающееся потребление культурами почвенного калия.

Нужно подчеркнуть, что этот «минимальный» уровень обменного калия, при определении по рутинным методам и градациям, часто, особенно на относительно тяжелых почвах (средне-, тяжелосуглинистых), оценивается как средняя или даже повышенная обеспеченность почв элементом; стабильность же данного показателя ошибочно трактуется как устойчивое и благополучное почвенное калийное состояние с соответствующими выводами о целесообразности применения калийных удобрений.

Реально оценить уровень обменного калия в почве можно только при сопоставлении его (выразив в мг-экв/100 г) с почвенной ЕКО (Авакян, 1981; Носов и др., 1997; Прокошев, Дерюгин, 2000; Шаймухаметов, Травникова, 2000; Якименко, 2003). В наших исследованиях (Якименко, 2003), при длительном сильнодефицитном балансе калия в агроценозах его доля в ЕКО почв не опускалась ниже 1,0-1,2 % в супесчаных и 0,8-0,9 % в суглинистых почвенных разновидностях (табл. 3). Этот уровень, по-видимому, и является «минимальным», соответствующим предельному истощению в почвах обменной формы калия. Оптимальные условия калийного питания растений складывались при насыщении обменным калием 2,0-3,0 % ЕКО супесчаных и 1,5-2,2 % суглинистых почв. При длительном, положительном балансе калия в агроценозе доля этого элемента в ЕКО почвы могла достигать 5-7 % и более.

Таблица 3

Классификация уровня содержания обменного калия в пахотных почвах Западной Сибири по насыщенности им почвенной емкости катионного обмена (ЕКО)

Уровень	Содержание обменного калия, в % от ЕКО	
	по Чирикову	по Масловой
Минимальный	0,6 – 0,7	0,8 – 0,9
Неустойчивый	0,8 – 1,2	1,0 – 1,4
Оптимальный	1,3 – 1,8	1,5 – 2,2
Повышенный	> 1,8	> 2,2

Стабилизация содержания обменного калия в почве на «минимальном» уровне при сильнодефицитном балансе свидетельствует о существенном участии в питании растений других его форм, не извлекающихся солевыми растворами, т.е. более прочно связанных с минеральным скелетом почв. Поэтому для оценки потенциальных почвенных ресурсов доступного растениям калия целесообразно определение содержания в почве необменной формы этого элемента. От имеющихся в почве запасов необменного калия прямо зависят темпы и масштабы возобновления в ней убывающего уровня более подвижных калийных форм (Якименко, 2003б, 2005).

Необменный калий в почвах приурочен в основном к межслоевому пространству слюдopodobных минералов и достаточно хорошо извлекается 1 М раствором  $\text{HNO}_3$  (Якименко, 2018). Однако, как и в случае с обменным калием, абсолютные значения содержания его необменной формы не отражают реальную обеспеченность растений элементом. Одинаково экстрагируемые из почвы раствором азотной кислоты необменные катионы не так «солидарны» при поглощении растениями. Для значительной части ионов калия, содержащихся в трехслойных глинистых минералах, энергия связи с твердой фазой почв выше, чем поглотительная способность растений. Эта часть катионов, подобно «минимальному» уровню обменного калия, сохраняет свои позиции и при длительном интенсивном выращивании культур. Абсолютные значения содержания этой фракции необменного калия отличаются на разных почвах, но их относительные величины – в связи с количеством в почвах физической глины – вполне сравнимы между собой. Поэтому и оценка уровня необменного калия должна осуществляться с обязательным учетом гранулометрического состава почв.

На основании длительных исследований нами разработаны градации обеспеченности пахотных почв калием по содержанию его необменной формы (табл. 4). Следует сказать, что запасы необменного калия в пахотном слое зональных почв довольно значительны и для снижения их до критически низкого уровня, даже в интенсивных агроценозах, требуются долгие годы. Во всяком случае, нам не удалось установить предельный уровень («минимально» низкий) содержания в почвах

необменной формы калия, при котором бы существенно ограничивались или, тем более, прекратились рост и развитие растений. Но и при содержании обменного калия в почвах, соответствующем градации «неустойчивая обеспеченность» в табл. 4, у выращиваемых культур отмечалась явная потребность во внесении калийных удобрений (на фоне NP). Для культур, подобных картофелю по способности к усвоению почвенного калия, это было выражено в большей степени, для пшеницы – в меньшей. Содержание же в почвах обменного калия в пределах «оптимальной обеспеченности» характеризует благоприятный режим калийного питания для всех выращиваемых культур.

**Таблица 4**

Градации обеспеченности калием пахотных почв лесостепи Западной Сибири по содержанию обменной формы, мг К/100 г почвы

Обеспеченность	Гранулометрический состав почвы		
	легкосуглинистый	среднесуглинистый	тяжелосуглинистый
Неустойчивая	< 60	< 110	< 180
Оптимальная	60-110	110-180	180-250
Повышенная	> 110	> 180	> 250

Используя указанные выше подходы, проведем диагностику калийного состояния почв длительных полевых опытов (табл. 5 и 6).

Стационарный полевой опыт на лугово-черноземной тяжелосуглинистой почве был заложен в 1978 году в Омском районе Омской обл. (южная лесостепь). На одном участке почвы в севообороте выращивали, преимущественно, многолетние и однолетние травы, параллельно на другом – зерновые культуры и травосмеси. В опытах разрабатывались приемы повышения продуктивности выращиваемых культур при орошении (Бойко, 2019; Бойко, Сницарь, 2002; Бойко и др., 2015). В данном сообщении рассматриваются два наиболее контрастных варианта опытов – без удобрений и NP; в связи с очень высоким исходным содержанием калия в исследуемой почве калийные удобрения не применяли.

**Таблица 5**

Изменение калийного состояния лугово-черноземной почвы в длительном полевом опыте (1978 -2018 гг.)

Вариант	Слой почвы, см	Содержание форм калия, мг К/100 г почвы		
		легкообменный	обменный	необменный
Целина (исходное)	0-20	4,0	60,0	215
	20-40	2,7	51,9	193
Многолетние и однолетние травы				
Без удобрений	0-20	1,8	32,5	179
	20-40	0,8	24,2	168
NP	0-20	1,2	32,1	174
	20-40	0,6	25,4	170
Зерновые культуры и травосмеси				
Без удобрений	0-20	1,6	30,3	170
	20-40	0,7	20,1	165
NP	0-20	1,1	30,7	169
	20-40	0,6	20,4	168
<i>НСР05</i>		<i>0,3</i>	<i>4,4</i>	<i>15</i>

Стационарный полевой опыт на исходно целинной серой лесной среднесуглинистой почве был заложен в 1988 году в Искитимском районе Новосибирской обл. (северная лесостепь). На одном участке почвы выращивали зерновые культуры в севообороте и кукурузу на зеленую массу, рядом на другом – овощные культуры в севообороте и картофель. В опытах изучали влияние интенсивности калийного баланса на эколого-агрохимическое состояние агроценозов (Якименко, 2003). В данном сообщении рассматриваются наиболее контрастные варианты опытов: без удобрений, NP и NPK.

Длительное сельскохозяйственное использование исследуемых почв существенно отразилось на их калийном состоянии. Содержание легкообменного калия в целинной лугово-черноземной почве было очень высоким – 4,0 мг/100 г в слое 0-20 см и 2,7 – в 20-40 см слое

(табл. 5). Экстенсивная эксплуатация почвы в течение 40 лет (контрольный вариант опыта) привела к значительному снижению запасов этой формы калия как в пахотном, так и особенно в подпахотном слоях. Систематическое применение минеральных удобрений в варианте NP способствовало повышению продуктивности культур и, соответственно, дальнейшему снижению почвенного содержания легкообменного калия. Повышенный калийный фонд данной почвы и высокая буферность ее калийной системы позволяла в течение многих лет поддерживать интенсивность процессов десорбции калия в почвенный раствор на достаточно высоком уровне. Тем не менее, за время проведения опыта обеспеченность исследуемой почвы легкообменным калием снизилась с очень высокой (4 мг) до неустойчивой (1-2 мг) в пахотном слое всех вариантов и низкой (<1 мг/100 г) – в подпахотном. Данное обстоятельство свидетельствует о значимом снижении способности почвы десорбировать ионы калия в почвенный раствор и, соответственно, нарастающей потребности выращиваемых культур в дополнительном калийном питании.

Таблица 6

Изменение калийного состояния серой лесной почвы в многолетних полевых опытах

Вариант	Слой почвы, см	Содержание форм калия, мг К/100 г почвы		
		легкообменный	обменный	необменный
Целина (исходное)	0-20	2,0	12,0	120
	20-40	0,7	9,5	100
Овощные культуры и картофель (1988-2018 гг.)				
Без удобрений	0-20	0,4	6,5	92
	20-40	0,4	6,8	95
NP	0-20	0,5	6,9	90
	20-40	0,4	8,5	95
NPK	0-20	1,7	17,6	135
	20-40	0,6	9,5	108
Зерновые культуры и кукуруза на зеленую массу (1988-2010 гг.)				
Без удобрений	0-20	0,4	7,8	97
	20-40	0,5	8,3	95
NP	0-20	0,6	7,5	97
	20-40	0,5	7,9	95
NPK	0-20	1,5	15,5	126
	20-40	0,5	9,8	105
<i>HCP05</i>		0,2	3,2	12

Уровень легкообменного калия в слое 0-20 см целинной серой лесной почвы (2 мг/100 г, табл. 6) был сопоставим с черноземом. Однако невысокий калийный фонд данной почвы в условиях длительного дефицитного баланса этого элемента был не в состоянии поддерживать исходную или близкую к нему концентрацию катиона в почвенном растворе. В результате содержание легкообменного калия в почве всех вариантов опыта с сильнодефицитным калийным балансом снизилось до критического уровня; в истощенной по калию почве интенсивность процессов трансформации не могла обеспечить полноценный уровень калийного питания растений. Систематическое применение калийных удобрений в вариантах NPK позволило поддерживать приемлемый уровень (1,5-1,7 мг) легкообменного калия в пахотном слое почвы и овощного, и зернового участков.

Содержание обменного калия в рассматриваемых почвах отличалось в несколько раз, что не отразилось на общей закономерности существенного снижения почвенных запасов доступного растениям калия при длительном дефиците его баланса (табл. 5-6); величина исходного (целинного) фонда калия в почве ожидаемо повлияла на скорость истощения калийных запасов.

В пахотном и подпахотном слое лугово-черноземной почвы содержание обменного калия (табл. 2) уменьшилось за 40 лет практически в 2 раза от исходного (с 52-60 до 20-32 мг/100 г), оставаясь, тем не менее, в высоком и очень высоком классе обеспеченности по стандартным градациям (Никитина и др., 2011); по нашим градациям (табл. 2) обеспеченность почвы обменным калием была и осталась повышенной. Однако вектор изменения калийного состояния данной почвы очевиден, что позволяет прогнозировать ее переход в недалеком будущем в класс

обеспеченности с проблемным калийным питанием культур. Варианты «без удобрений» и NP не отличались между собой по масштабам снижения содержания обменного калия.

Целинная серая лесная почва (табл. 6) по стандартным грациям должна быть отнесена к среднеобеспеченной обменным калием. За время проведения опытов в вариантах «без удобрений» и NP почва перешла в класс низкообеспеченных. Отметим, что текущий уровень обменного калия в почве этих вариантов (7-8 мг/100 г) сформировался в течение первых 5-7 лет проведения опыта и в дальнейшем не изменялся. Это обстоятельство указывает на наличие в почвах определенного минимального уровня обменного калия, что необходимо учитывать при диагностике калийного состояния почв. В вариантах NPK, с систематическим применением калийных удобрений, содержание обменного калия в пахотном слое почвы заметно повысилось, а в подпахотном – осталось на уровне исходной целинной почвы.

В исследуемой целинной лугово-черноземной почве (содержание физической глины 40-46%, ЕКО около 38 мг-экв/100 г) доля обменного калия в ЕКО составляла примерно 4%, свидетельствуя о высокой насыщенности ППК этим элементом и способности десорбировать катионы в почвенный раствор (табл. 3). При длительном сельскохозяйственном использовании почвы доля калия в ЕКО снизилась до 2,0-2,1%, хотя и оставаясь в благоприятном диапазоне, но обозначая очевидный тренд. Вполне вероятно, что продолжение истощающей нагрузки на почву приведет в обозримом будущем к снижению содержания обменного калия в пахотном слое до минимального уровня 15-20 мг/100 г при насыщенности ЕКО менее 1 %.

Целинная серая лесная почва (содержание физической глины 30-31%, ЕКО около 21 мг-экв/100 г) характеризовалась значительно меньшей долей калия в ППК – 1,5% ЕКО; очевидно, что длительное безлимитное калийное питание выращиваемых на этой почве культур представляется проблематичным. Действительно, за несколько лет экстенсивной эксплуатации участка почвы доля обменного калия в ЕКО снизилась до 0,85%, отражая предельную истощенность калийного фонда ППК. Напротив, при систематическом использовании калийных удобрений на фоне NP, доля калия в ЕКО увеличилась до 2,1-2,2%, свидетельствуя об оптимальной обеспеченности растений.

В наших опытах при длительном дефицитном калийном балансе содержание необменного калия в исследуемых почвах закономерно снизилось (табл. 5 и 6). В абсолютных величинах – мг/100 г почвы – уровень необменного калия в лугово-черноземной почве снизился заметнее, чем в серой лесной; однако относительные значения (% от исходного уровня) свидетельствуют, что запасы необменной формы этого элемента в серой лесной почве были истощены сильнее. В пахотном слое лугово-черноземной почвы за 40 лет проведения опыта содержание необменного калия снизилось на 36-46 мг/100 г, что составило примерно 19% от исходных запасов. По нашим грациям данная почва исходно являлась оптимально обеспеченной необменной формой калия (табл. 4 и 5); за время проведения опытов она перешла в разряд с неустойчивой обеспеченностью.

Обеспеченность обменным калием серой лесной среднесуглинистой почвы исходно была на неустойчивом уровне (табл. 4 и 6), длительное экстенсивное сельскохозяйственное использование способствовало дальнейшему ухудшению ее калийного состояния. В вариантах с дефицитным калийным балансом в опыте на серой лесной почве снижение почвенного содержания необменного калия доходило 30 мг/100 г или на 25% от исходного уровня. В вариантах с систематическим внесением калийных удобрений (NPK) содержание в почве необменного калия заметно возросло – на 6-15 мг/100 г.

Таким образом, в проведенных исследованиях установлено, что для объективной диагностики калийного состояния пахотных почв целесообразно комплексное использование нескольких взаимно дополняющих показателей. Содержание в почве легкообменного калия (калия почвенного раствора) и степень насыщенности ее ЕКО этим катионом дают качественную характеристику почвенного калийного состояния, оценивают способность ППК десорбировать элемент в почвенный раствор, т.е. показывают, в какой степени почва истощена или обеспечена наиболее мобильными формами калия. Индексом, позволяющим провести количественную оценку калийного состояния почвы, является содержание в ней обменного и необменного калия. Уровень обменной формы дает представление о потенциальных возможностях восстановления снижающейся концентрации элемента в почвенном растворе, а содержание необменной, кроме того, показывает ресурсы восстановления для всего обменного комплекса почв. Обязательным условием корректного использования указанных индексов является учет количества почвенной глинистой фракции как природного носителя наиболее подвижных форм калия.

Проведенные длительные стационарные полевые опыты показали, что значимое ухудшение калийного состояния почв при сильном дефиците баланса калия в агроценозах неизбежно и является лишь вопросом времени. При этом, оценка обеспеченности калием почв с исходно невысоким калийным фондом по любому показателю будет однозначной. Однако в ряде случаев, диагностика калийного состояния почвы по одному индексу – обменному калию – и стандартным градациям может формально характеризовать ее как высоко обеспеченную доступным для растений калием, однако ряд дополнительных показателей могут свидетельствовать о нарастающем истощении данной почвы наиболее подвижными фракциями почвенного калия.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авакян Н.О. О питании растений калием и применении калийных удобрений // *Агрохимия*. 1981. № 7. С. 37–43.
2. Бойко В.С. Полевое кормопроизводство на орошаемых черноземах в лесостепи Западной Сибири. Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2019. 312 с.
3. Бойко В.С., Сницарь А.Е. Агромелиоративные приемы повышения продуктивности орошаемых земель. Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. 160 с.
4. Бойко В.С., Тимохин А.Ю., Морозова Е.Н. Калийный режим зональных почв Омского Прииртышья // *Земледелие*. 2015. № 3. С.10-12.
5. Никитина Л.В., Соколова Т.А., Якименко В.Н., Прокошев В.В. и др. Методические подходы при разработке параметров калийного режима пахотных почв. М.: ВНИИА, 2011. 40 с.
6. Носов В.В., Соколова Т.А., Прокошев В.В., Исаенко М.А. Изменение некоторых показателей калийного состояния дерново-подзолистых почв под влиянием применения калийных удобрений в длительных полевых опытах // *Агрохимия*. 1997. № 5. С. 13–19.
7. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. М.: Ледум, 2000. 185 с.
8. Шаймухаметов М.Ш., Травникова Л.С. Калийное состояние пахотных почв Европейской территории России // *Почвоведение*. 2000. № 3. С. 329–339.
9. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 231 с.
10. Якименко В.Н. Подвижность форм калия в почвах // *Агрохимия*. 2005. № 9. С. 5–12.
11. Якименко В.Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов // *Плодородие*. 2009. № 4. С. 8–10.
12. Якименко В.Н. Формы калия в почве и методы их определения // *Почвы и окружающая среда*. 2018. Т.1. №1. С.26-33. doi: [10.31251/pos.v1i1.5](https://doi.org/10.31251/pos.v1i1.5)

Поступила в редакцию 10.06.2019; принята 26.06.2019; опубликована 03.07.2019

#### Сведения об авторах:

**Якименко Владимир Николаевич** – доктор биологических наук, доцент, заведующий лабораторией агрохимии ФГБУН Института почвоведения и агрохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия); [yakimenko@issa-siberia.ru](mailto:yakimenko@issa-siberia.ru)

**Бойко Василий Сергеевич** – доктор сельскохозяйственных наук, с.н.с., зам. директора по научной работе ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» (г. Омск, Россия); [boicko.vasily2011@yandex.ru](mailto:boicko.vasily2011@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/)

## DIAGNOSTICS OF SOIL POTASSIUM STATUS IN THE FOREST-STEPPE OF WEST SIBERIA

V. N. Yakimenko <sup>1</sup>, V. S. Boiko <sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

<sup>2</sup>*Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia*

*The aim of the study was to review indicators and propose grades of soil potassium availability to crops. The need of assessing soil potassium status on the basis of combined use of several diagnostic indicators, characterizing soil potassium pool, both quantitative and qualitative, is substantiated; at the same time, it is*

*indispensable to take into account some properties of a specific soil, such as particle size distribution and cation exchange capacity. The diagnostics of soil potassium status in the long-term field experiments conducted in the forest-steppe zone of West Siberia was carried out.*

**Results and conclusions.** *It was found that over 40 years of the experiment on the meadow chernozemic soil (Gleyic Chernozem) with initially very high potassium supply the content of exchangeable potassium decreased from 60 to 30 mg/100 g soil; at the same time, the level of easily exchangeable potassium decreased from 4.0 to 1.1-1.2 mg/100 g soil, indicating a significant deterioration in soil desorption capacity in relation to potassium. In the gray forest soil (Phaeozem) that was initially supplied with potassium, the content of its exchangeable and easily exchangeable forms decreased in 5–7 years of experiments to a critical minimum level, i.e. from 12 and 2 to 6–7 and 0.4–0, 5 mg/100 g soil, respectively. During the subsequent years (25 years) this content remained unchanged. It is concluded that systematic application of potassium together combined with nitrogen and phosphorus background fertilization ensured optimization of potassium status of soils.*

**Keywords:** *potassium; soil; agrocenosis; diagnostics; indicators; grades of potassium status assessment*

**How to cite:** *Yakimenko V.N., Boiko V.S Diagnostics of soil potassium status in the forest-steppe of West Siberia // The Journal of Soils and Environment. 2018. 2(2). e74. doi: 10.31251/pos.v2i2.74 (in Russian with English abstract).*

## REFERENCES

1. Avakyan N.O. About plant nutrition and the use of potassium fertilizers, *Agrochimiya*, 1981, No 7, p. 37–43 (in Russian)
2. Boiko V.S. *Fodder production on irrigated Chernozems in the forest-steppe of West Siberia*. Omsk: Maksheeva Pubs., 2019. 312 p. (in Russian)
3. Boiko V.S., Snytsary A.E. *Agromeliorative techniques to improve the productivity of irrigated land*. Omsk: Pubs. Omsk SAU, 2002. 160 p. (in Russian)
4. Boiko V.S., Timokhin A.Yu., Morozova E.N. Potassium nutrition regime in zonal soils of Omsk region near Irtysh, *Zemledelie*, 2015, No3, p.10-12. (in Russian)
5. Nikitina L.V., Sokolova T.A., Yakimenko V.N., Prokoshev V.V. et al. *Methodological approaches in the development of parameters of the potassium regime in arable soils*. Moscow: VNIIA Pubs., 2011. 40 p. (in Russian)
6. Nosov V.V., Sokolova T.A., Prokoshev V.V., Isaenko M.A. Changes in some indicators of the potassium state of Sod-Podzolic soils under the influence of the use of potash fertilizers in long-term field experiments, *Agrochimiya*. 1997, No5, p. 13–19. (in Russian)
7. Prokoshev V.V., Deryugin I.P. *Potassium and potassium fertilizers*. Moscow: Ledum Publ., 2000. 185 p. (in Russian)
8. Shaimukhametov M.Sh., Travnikova L.S. The Potassium Status of Arable Soils in European Russia, *Pochvovedenie*, 2000, No3, p. 329–339. (in Russian)
9. Yakimenko V.N. *Potassium in agrocenoses of Western Siberia*. Novosibirsk: SB RAS Publ., 2003. 231 p. (in Russian)
10. Yakimenko V.N. Potassium mobility in soils, *Agrochimiya*, 2005, No 9, p. 5–12 (in Russian)
11. Yakimenko V.N. Estimation of soil potassium status in agrocenoses, *Plodorodie*, 2009, No4, p. 8–10 (in Russian)
12. Yakimenko V.N. Potassium forms in soil and methods of their determination, *The Journal of Soils and Environment*, 1(1), 25-31. doi: 10.31251/pos.v1i1.5 (in Russian)

*Received 10 June 2019; accepted 26 June 2019; published 03 July 2019*

### About the authors:

**Yakimenko Vladimir N.** – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Agrochemistry, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [yakimenko@issa-siberia.ru](mailto:yakimenko@issa-siberia.ru)

**Boiko Vasily S.** – Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Deputy Director of the Omsk Agricultural Scientific Centre (Omsk, Russia); [boicko.vasily2011@yandex.ru](mailto:boicko.vasily2011@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/)

**ВЫПАС МЕНЯЕТ ФИТОЦЕНОЗЫ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ И СВОЙСТВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В ДОЛИНЕ РЕКИ БЕЛОЙ (ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

© 2019 С.Л. Куклина

Адрес: ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса 1, Россия. E-mail: [kukl\\_swet@mail.ru](mailto:kukl_swet@mail.ru)

**Цель исследования.** Оценить влияние пастбищ на пойменные луговые фитоценозы и свойства аллювиальных почв в долине реки Белой.

**Место и время проведения.** Низкая, средняя и высокая поймы реки Белой (Западное Прибайкалье), ежегодно в период 2013-2015 гг.

**Методология.** На пастбищах было выбрано шесть участков с минимальным и максимальным воздействием выпаса крупного рогатого скота (с незначительным числом лошадей, овец и коз) на каждом. Всего с 12 площадок были взяты образцы почв, надземной и подземной частей растений. В почвах были определены следующие свойства: pH водной суспензии, содержание гумуса и азота, подвижные фосфор и калий, влажность, плотность, агрегатный состав, водопрочность агрегатов, пористость. В фитоценозах определяли преобладающие виды, проективное покрытие, фитомасса надземной и подземной части (в 20 см слое почвы), общая зольность.

**Основные результаты.** Наиболее распространенным на территории исследования является выпас крупного рогатого скота. Негативное воздействие на фитоценозы, оказываемое скотом, проявляется в виде вытаптывания и стравливания. В поймах реки Белой с активным выпасом скота отмечается преобладание в фитоценозе растений, способных противостоять воздействию копыт животных, таких как: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), подорожники (*Plantago major*, *P. depressa*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*). При ежедневном выпасе скота весь вегетационный период на одних и тех же участках происходит резкое уменьшение надземной фитомассы и незначительные изменения подземной.

Почвенный покров на разноуровневых поймах представлен аллювиальными серогумусовыми глеевыми ( $Al_{ds}$ ), аллювиальными серогумусовыми ( $Al_d$ ), и темногумусовыми ( $AA_{lm}$ ) почвами. Большинство пастбищ расположено на аллювиальных серогумусовых почвах. Наибольшие изменения свойств почв проявляются в следующем: увеличение доли глыбистых агрегатов и уменьшение их водопрочности, уплотнение верхнего горизонта, изменение влажности. Критические изменения отмечены на низкой пойме вблизи водопоя, где происходит заболачивание.

**Заключение.** Отмечено значительное уменьшение видового состава фитоценозов на участках с максимальной пастбищной нагрузкой, увеличение доли видов растений, устойчивых к переуплотнению почв и многократному стравливанию. Основные изменения почвенных свойств выражены в верхних горизонтах в виде значительного уплотнения, изменения структурного состояния и водопрочности агрегатов; в большинстве случаев уменьшаются запасы влаги в почве.

**Ключевые слова:** аллювиальные почвы; флювисоли; пойменные фитоценозы; свойства почв; пастбища; вытаптывание; стравливание; Прибайкалье

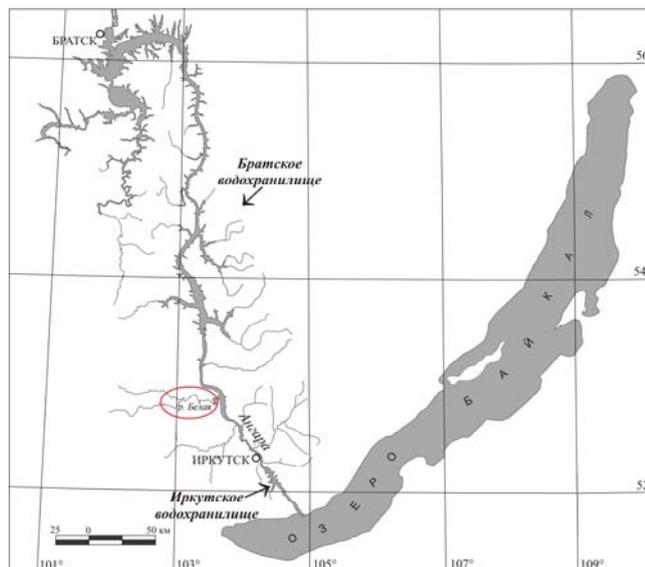
**Цитирование:** Куклина С.Л. Выпас меняет фитоценозы пойменных лугов и свойства аллювиальных почв в долине реки Белой (Прибайкалье) // Почвы и окружающая среда. 2019. Том 2. № 2. е46. doi: 10.31251/pos.v2i2.46

**ВВЕДЕНИЕ**

Река Белая находится в Западном Прибайкалье и является крупным левым притоком реки Ангары (рис. 1).

Несмотря на то, что сельскохозяйственное освоение долины началось с приходом русских казаков на эту территорию, более активное ее использование для сельского хозяйства связано со строительством каскада ГЭС на реке Ангары, в ходе которого были затоплены освоенные и высокопродуктивные пойменные почвы. Это существенно сократило площадь пастбищных угодий и привело к более интенсивному использованию других территорий. Были распаханы большие площади высокой поймы притоков реки Ангары, но с 1990-х годов значительная их часть заброшена. В настоящее время на поймах реки Белой наибольшее распространение имеют

пастбищные угодья, где выпас скота часто носит бессистемный и нерегулируемый характер. Хотя пойменные почвы в долине р. Белой активно используются под пастбища довольно длительное время, изучение влияния антропогенных нагрузок на растительный и почвенный покров ранее не проводились. Стоит отметить, что на других территориях России и бывших республик СССР подобные исследования проводятся регулярно (Титлянова и др., 2012; Миллер, 2015; Кулик и др., 2016; Кумачева, Гужвин, 2018; Власенко, 2019; и многие другие).



**Рисунок 1.** Схема расположения территории исследования - среднее и нижнее течение р. Белой (выделено красным)

Целью исследования была оценка влияния пастбищной нагрузки на пойменные луговые фитоценозы и свойства аллювиальных почв в долине реки Белой.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования расположены в пределах Иркутско-Черемховской равнины (территория исследования имеет следующие географические координаты: 103°00' – 104°00' в.д. и 52°40'-53°00' с.ш.). Горные породы представлены в основном доломитами нижнего кембрия. Климат территории резко континентальный, сумма температур воздуха выше 10° С достигает 1700–1600° С, количество осадков – 350–400 мм/год. По геоботаническому районированию рассматриваемая часть долины р. Белой (среднее и нижнее течение) относится к Среднесибирской таежной области, Иркутско-Черемховской подгорно-подтаежной провинции (Атлас, 2004). Всего было отобрано шесть участков на низкой (относительная высота от уреза реки 1–2,5 м), средней (2,5–5 м) и высокой поймах (6–8 м), на каждом из которых изучали по две площадки с максимальной и минимальной пастбищной нагрузкой.

Почвенный покров на низкой пойме представлен аллювиальными серогумусовыми глеевыми (Ал<sub>дг</sub>) (Классификация..., 2004), на средней пойме – аллювиальными серогумусовыми (Ал<sub>д</sub>), на высокой пойме – аллювиальными серогумусовыми (Ал<sub>д</sub>) и темnogумусовыми (ААл<sub>т</sub>) почвами (Куклина, 2017). Большинство пастбищ расположено на аллювиальных серогумусовых почвах.

В течение 2013–2015 гг. с площадок отбирали образцы почв и растительности, изучали преобладающие виды, общее проективное покрытие. Определяли следующие свойства почв: рН водной суспензии (потенциометрическим методом), содержание общего органического углерода (методом мокрого сжигания по И.В. Тюрину), содержание общего азота (методом отгонки по И.В. Тюрину), содержание подвижных фосфора и калия (методом Ф.В. Чирикова в модификации ЦИНАО), влажность (весовым методом), плотность (буровым методом), агрегатный состав (методом сухого просеивания по И. В. Савинову), водопрочность агрегатов (методом мокрого просеивания по П.И. Андрианову), пористость (методом вымещения воздуха водой). Так же определили фитомассу надземной (метод укосов, S<sub>плоч</sub>=1 м<sup>2</sup>) и подземной части (метод монолитов, глубина 20 см, S<sub>плоч</sub>=1 м<sup>2</sup>), общую зольность растений (методом сжигания). Фитомассу надземной

и подземной части отбирали осенью (сентябрь – октябрь) для определения количества фитомассы, остающейся на пастбищах к окончанию выпаса скота и поступающей в дальнейшем в почву.

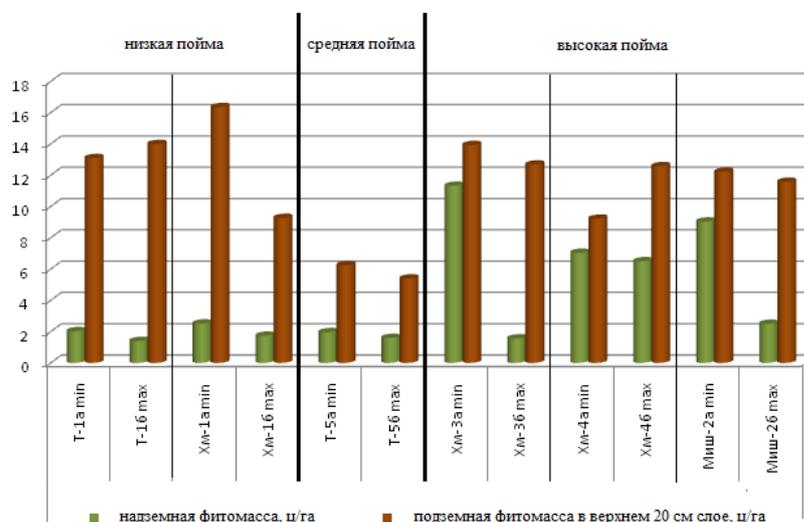
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разноуровневые поймы р.Белой заняты в основном лугами, в низкой пойме луга часто заболочены, а на небольших по площади участках высокой поймы произрастают сосновые, сосново-березовые или березовые леса.

Наиболее распространенным видом сельскохозяйственной деятельности на поймах р. Белой является выпас крупного рогатого скота с незначительным количеством лошадей, овец и коз. Негативное воздействие, оказываемое скотом, – это вытаптывание и стравливание. Вытаптывание проявляется в повреждении поверхности почвы и надземных органов растений копытами животных, когда повреждаются листья и почки возобновления растений, расположенные на поверхности или близко к поверхности почвы. В поймах реки Белой с ежедневным выпасом скота на одних и тех же участках в течение вегетационного периода отмечается преобладание в фитоценозе растений, способных противостоять воздействию копыт животных, таких как: пырей ползучий (*Elytrigia repens*), клевер ползучий (*Trifolium repens*), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale*), подорожники (*Plantago major*, *P. depressa*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*).

Изменение флористического состава и соотношения видов в фитоценозе связано с неодинаковой реакцией растений на частые дефолиации, когда выпас скота происходит в течение всего вегетационного периода. Например, вблизи большинства населенных пунктов, расположенных в долине реки, на пастбищах преобладают виды, неподаваемые и плохо поедаемые скотом, которые имеют возможность постоянно обсеменяться (*Artemisia sp.*, *Carex pediformis*, *C. vesicaria*, *Potentilla anserina* и др.) (Надежкин, Кузнецов, 2010), или обладающие высокой отавностью, то есть устойчивые к многократному стравливанию (*Trifolium repens* и др.). На изученных пастбищах среди злаков достаточно часто встречаются мятлики: они могут быть устойчивы к стравливанию, так как их генеративные органы расположены у поверхности почвы (Ларин и др., 1975). В определенных пределах на пастбищах обсеменяются и хорошо поедаемые растения. Это может происходить у некоторых злаков, которые способны быстро занимать освободившееся место при нарушении фитоценоза (Природные сенокосы..., 1974). С этим, вероятно, связана большая доля пырея ползучего (*Elytrigia repens*) в пастбищных фитоценозах практически на всех изученных участках.

При стравливании уменьшается количество надземной фитомассы, которая осенью попадает в почву в виде растительных остатков (рис. 2). На участках высокой поймы, в непосредственной близости к крупным поселкам Холмушино (Хм-3) и Мишелевка (Миш-2) отмечается значительное сокращение фитомассы надземной части растений, что связано с интенсивным выпасом скота. Подземная фитомасса в верхнем 0–20 см слое почвы во всех случаях превышает надземную фитомассу, этим, вероятно, объясняется отсутствие значительного уменьшения гумусированности почв под пастбищами.



**Рисунок 2.** Количество надземной и подземной фитомассы на участках разноуровневых пойм р. Белой, занятых пастбищами.

Фитомасса надземных частей растений на высоких поймах выше, чем на средних и низких (см. рис. 2), что обусловлено более благоприятным водно-воздушным режимом почв и их большей гумусированностью. Самые высокие значения подземной фитомассы в верхнем 0–20 см слое почвы при минимальной надземной фитомассе на низкой пойме, объясняются неблагоприятными воздушным и водным режимами, когда из-за высокого поднятия капиллярной каймы грунтовых вод практически вся подземная фитомасса находится близко к поверхности.

Изменение зольности растений происходит на участках, где идет заметная смена видового состава растений. Высокие значения зольности (от 10 до 12% на площадках с максимальным выпасом скота) можно объяснить наличием в фитоценозах большой доли высокозольных видов (*Plantago major*, *P. depressa*, *Achillea millefolium*, *A. asiatica*, *Taraxacum officinale*).

Под влиянием выпаса существенно изменяются физические свойства почв. Характер и динамика изменений зависят не только от интенсивности и продолжительности выпаса скота, но и от гранулометрического состава, влажности почв, наличия дернины и других факторов. Выпас ранней весной и осенью на переувлажненных почвах средних и высоких пойм или на постоянно влажных низких поймах реки Белой, ведет к серьезным негативным изменениям: деформации поверхности пойм (закочкаренности), уплотнению верхних почвенных горизонтов, ухудшению структуры почв и др.

Выявлено увеличение плотности почвы при многолетнем бессистемном выпасе скота: на супесчаных почвах – от 1,20 до 1,24 г/см<sup>3</sup>; на почвах легкосуглинистого состава – от 0,93–1,28 до 0,96–1,39 г/см<sup>3</sup> (табл. 1).

Уплотнение почвы в местах сильного вытаптывания поверхности, при подходе к руслу реки Белой вблизи пос. Тайтурка, привело к увеличению капиллярной пористости, поднятию капиллярной каймы и переувлажнению поверхности низкой поймы. На участке с максимальной пастбищной нагрузкой (площадка Т-1) влажность верхнего слоя почвы составила 62,9%, что почти в 2 раза выше фоновой (32,1%).

Таблица 1

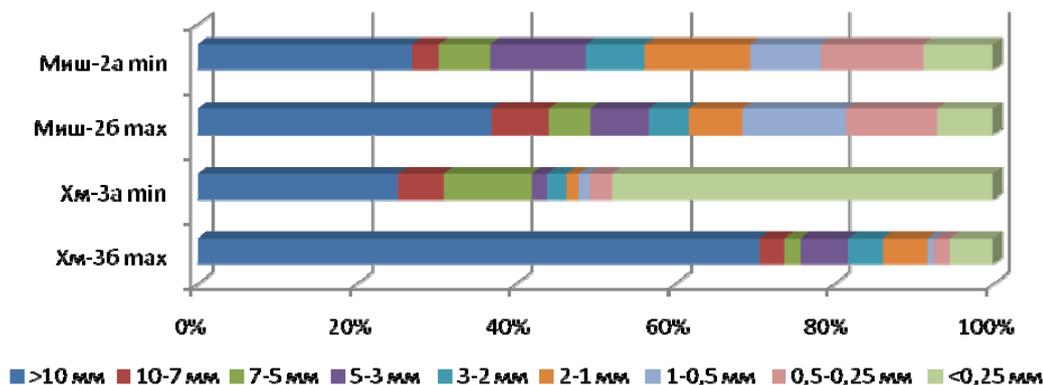
Изменение физических свойств в поверхностном слое (0–10 см) пойменных почв р. Белая, в условиях максимальной и минимальной пастбищной нагрузки

Пойма	Тип почвы (индекс)	№ площадки	Степень проявления пастбищной нагрузки*	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Влажность, %	Запасы влаги в 10 см слое, т/га	Гранул. состав
низкая	Алдг	Т-1а	min	1,11	32,1	356,3	ЛС
		Т-1б	max	1,23	62,9	773,7	ЛС
низкая	Алдг	Хм-1а	min	1,00	25,47	254,7	СП
		Хм-1б	max	1,05	25,75	270,4	СП
средняя	Алдг	Т-5а	min	1,20	9,30	111,6	СП
		Т-5б	max	1,24	8,96	111,1	СП
высокая	Алд	Хм-3а	min	0,93	14,55	135,3	ЛС
		Хм-3б	max	0,96	14,09	135,2	ЛС
высокая	ААлт	Миш-2а	min	1,28	10,70	137,0	ЛС
		Миш-2б	max	1,39	9,36	130,1	ЛС
высокая	Алд	Хм-4а	min	1,10	15,52	170,7	ЛС
		Хм-4б	max	1,16	14,19	164,6	ЛС

Примечание: \* - здесь и далее степень пастбищной нагрузки определялась визуально, по максимальному воздействию на фитоценозы

Интенсивный выпас скота влияет на структурный состав аллювиальных почв. За счет уплотнения поверхности почв в структуре верхних горизонтов почв увеличивается доля глыбистых агрегатов. В качестве примера рассмотрены изменения структуры на двух участках высокой поймы (рис. 3).

В обоих случаях отмечается увеличение массы агрегатов, размером больше 10 мм при интенсивном выпасе скота. Например, на площадке Хм-3 наблюдается максимальное увеличение доли глыбистых агрегатов с 23,51% (при минимальном воздействии) до 70,65% (при максимальном воздействии). Такое укрупнение структуры объясняется частым выпасом скота по переувлажненной поверхности почвы. При выпасе скота по подсохшей поверхности почвы, как в случае на площадке Миш-2, увеличение доли глыбистых агрегатов незначительно (см. рис. 3).



**Рисунок 3.** Изменение содержания агрегатов в почвах высокой поймы р. Белой при пастбищной нагрузке.

Содержание агрономически ценных агрегатов (сумма агрегатов 1–5 мм) и их водопрочность в верхнем 10 см слое уменьшается на более вытопанных участках (табл. 2), особенно при низкой гумусированности, что приводит к уменьшению коэффициента структурности (отношение % агрономически ценных агрегатов при сухом расसेве к % агрономически ценных агрегатов при мокром расसेве).

При оценке водопрочности структуры почв наиболее показательным, в нашем случае, является расчет соотношения суммы агрегатов размером от 1 до 5 мм при сухом и мокром расसेве, который наглядно показывает количество или процент разрушенных агрономически ценных агрегатов (табл. 2). На участке Миш-2 количество разрушенных агрегатов размером от 1 до 5 мм одинаковое при минимальном и максимальном выпасе скота, а на участке Хм-3 количество разрушенной агрономически ценной структуры при максимальной пастбищной нагрузке увеличивается с 45,09 до 75,70%.

**Таблица 2**

Оструктуренность и водопрочность агрегатов верхних горизонтов почв высокой поймы р. Белой, занятых пастбищами

Площадка	Тип почвы (индекс)	Рассев	Агрономически ценные агрегаты, %	Разрушенная агрономически ценная структура, %	$K_{стр}$	Агрегатное состояние
Миш-2а min*	АА <sub>л</sub>	сухой	32,65	<b>51,47</b>	1,80	отличное
		мокрый	17,30			
Миш-2б max*		сухой	19,28	<b>51,35</b>	1,27	хорошее
		мокрый	9,38			
Хм-3а min*	Ал <sub>д</sub>	сухой	5,50	<b>45,09</b>	0,46	неудовл
		мокрый	3,02			
Хм-3б max*		сухой	15,97	<b>75,70</b>	0,32	неудовл
		мокрый	3,88			

*Примечание.* \* степень проявления пастбищного воздействия

Неконтролируемый выпас скота приводит к образованию на поверхности пойм тропиной сети, которая нередко занимает значительную площадь. По примерным подсчетам (измерение длины и ширины скотобойных троп) общая площадь тропиной сети на сильно вытоптанном скотом участке высокой поймы возле пос. Мальта составила около 12%.

Стравливание травы не только нарушает рост травянистых растений, но и изменяет состояние почвы. Это связано с большей испаряемостью влаги из верхнего слоя почв, увеличением прогревания почвы в дневные часы. Нами отмечено уменьшение влажности почв на пастбищах средних и высоких пойм при активном выпасе скота. Влажность почв с разреженным или стравленным растительным покровом отличается на 0,33-1,34% по сравнению с участками с минимальным стравливанием, что соответствует потери влаги в верхних 0–10 см почвы в количестве от 0,5 до 6,9 т/га (см. табл. 1).

Таблица 3

Химические свойства в поверхностном слое (0–10 см) пойменных почв р. Белая, занятых пастбищами

Пойма	Тип почвы (индекс)	№ площ.	Степень пастбищной нагрузки	pH <sub>H2O</sub>	Гумус, %	Общий N, %	C:N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
								мг/кг	
низкая	Алдг	T-1a	min	7,40	2,90	0,17	17,06	70,7	96,9
		T-1б	max	7,45	3,06	0,16	19,12	66,8	102,8
низкая	Алдг	Xм-1a	min	8,40	2,54	0,19	13,37	60,2	89,2
		Xм-1б	max	8,40	2,30	0,19	12,10	60,8	88,0
средняя	Алдг	T-5a	min	8,00	2,06	0,10	20,60	74,0	91,6
		T-5б	max	7,85	1,96	0,09	21,77	69,8	93,5
высокая	Алд	Xм-3a	min	5,90	2,72	0,19	14,31	96,3	116,0
		Xм-3б	max	6,00	2,90	0,22	13,18	92,8	121,8
высокая	ААлт	Миш-2a	min	7,40	3,52	0,25	14,08	70,0	111,0
		Миш-2б	max	7,40	3,46	0,28	12,35	74,2	120,1
высокая	Алд	Xм-4a	min	7,00	4,82	0,26	18,54	91,9	122,6
		Xм-4б	max	7,15	4,60	0,24	19,17	92,6	122,0

Значительных изменений химических свойств в почвах под пастбищами выявлено не было (табл. 3).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пастбищная нагрузка на луговые фитоценозы привела к преобладанию видов, устойчивых к уплотнению почв, к частой дефолиации или плохо поедаемых скотом. Негативные изменения свойств почв заключаются в уплотнении верхних горизонтов, появлении глыбистых агрегатов, уменьшении водопрочности агрегатов, уменьшению влажности на средних и высоких поймах и локальном заболачивании почв на низких поймах. Полученные данные еще раз подтверждают необходимость регулировать выпас скота на исследованной территории, особенно сразу же после спада паводковых вод; а также проводить подсев трав, естественных для данной местности, с возможным рыхлением верхнего горизонта почвы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Атлас. Иркутская область: экологические условия развития* / Батуев А.Р. [и др.]. М.: Роскартография; Иркутск : Изд-во Институт географии СО РАН, 2004. 90 с.
2. *Власенко М.В., Бородычев В.В., Кулик А.К. и др. Рациональное использование пастбищных угодий Чирского песчаного массива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 113-123. doi: 10.32786/2071-9485-2019-01-14*
3. *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.
4. *Куклина С.Л. Стрoение аллювия разных уровней поймы реки Белой (Приангарье) и свойства формирующихся на них почв// Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2017. Т. 21. С. 72-83.*
5. *Кулик К.Н., Есмагулова Б. Ж., Кошелева О. Ю. и др. Изменение фитоценозов Волго-Уральского междуречья под влиянием пастбищных нагрузок // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2016. № 4. С. 25-32.*
6. *Кумачева В.Д., Гужвин С.А. Влияние выпаса крупного рогатого скота на видовой состав пастбища // Современные научно-практические решения развития АПК: Мат-лы Национ. научно-практ. конференции. Дагестан, Изд-во: ИП "Магомедалиева С.А.". 2018. С. 28-31.*
7. *Ларин К.В., Бегучев П.П., Работнов Т.А. и др. Луговодство и пастбищное хозяйство. Л.: Колос, Ленингр. отд-ние, 1975. 528 с.*
8. *Миллер Г.Ф. Влияние пастбищной нагрузки на почвы и почвенный покров Чуйской котловины Горного Алтая // Природные системы и экономика Центрально-Азиатского региона: фундаментальные проблемы, перспективы рационального использования: Мат-лы II Всерос. молодежной школы-конференции с межд. участием. Кызыл, 2015. С. 93-96.*
9. *Надежкин С.Н., Кузнецов И. Ю. Полезные, вредные и ядовитые растения. М.: Изд-во «Кнорус», 2010. 249 с.*
10. *Природные сенокосы и пастбища Хакасской автономной области* / Под ред. А.В. Куминовой. Новосибирск: Наука, 1974. 230 с.

11. Титлянова А.А., Самбу А.Д., Шибарева С.В. *Пастбищная сукцессия в Центральной Азии – фактор природных антропогенных процессов* // Глобальные экологические процессы: Мат-лы Межд. науч. конференции. Российская академия наук. Москва, изд-во «Академия», 2012. С. 100-107.

Поступила в редакцию 07.11.2018

Принята 20.09.2019

Опубликована 22.09.2019

**Сведения об авторах:**

**Куклина Светлана Львовна** – старший научный сотрудник кафедры почвоведения и оценки почвенных ресурсов Иркутского государственного университета (Иркутск, Россия); [kukl\\_swet@mail.ru](mailto:kukl_swet@mail.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/)

**GRAZING LIVESTOCK CHANGES THE PROPERTIES PHYTOCENOSSES AND ALLUVIAL SOILS IN THE BELAYA RIVER FLOODPLAIN (BAIKAL REGION)**

© 2019 S.L. Kuklina 

*Address: Irkutsk State University, Irkutsk, Russia. E-mail: [kukl\\_swet@mail.ru](mailto:kukl_swet@mail.ru)*

*The effect of livestock grazing on phytocenoses' composition and phytomass stock, as well as soil properties, was studied in the floodplain ecosystems of the Belaya River (52°40'-53°00' NL, 103°00' – 104°00' EL, Irkutsk region, Russia). The uncontrolled grazing led to the significant changes in phytocenoses composition and to serious soil compaction, changed aggregate structure and water resistance and related decrease in soil water reserves.*

**Key words:** *alluvial soils; fluvisols; floodplain phytocenoses; soil properties; pasture; trampling; bleeding; Baikal region*

**How to cite:** *Kuklina S. Grazing livestock changes the properties of phytocenoses and alluvial soils in the Belaya river floodplain (Baikal region) // The Journal of Soils and Environment. 2018. 2(2). e46. doi: 10.31251/pos.v2i2.46 (in Russian with English abstract).*

REFERENCES

1. Atlas of the Irkutsk region / Compilers *Batuev A.R.*, et al. Moskva-Irkutsk: Institut geografii SO RAN, Roskartografia Publ., 2004. 90 p. (in Russian)
2. *Vlasenko M.V., Borodichev V.V., Kulik A.K.* Sustainable use of the passture lands of Chirsky sandy massif, *Proceedings of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education, 2019, No 1(53), p.113-123.* doi: [10.32786/2071-9485-2019-01-14](https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-14) (in Russian)
3. *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 Russiann)
4. *Kuklina S.L.* Sedimentary structure and properties of the alluvial soils in the Belaya river floodplain, *Bulletin of Irkutsk State University», Series "Biology. Ecology", 2017, Vol. 21, p. 72-83.* (in Russian)
5. *Kulik K.N., Esmagulova B. Z., Kosheleva O. Y. et al.* Phytocenoses change of the area between Volga and Ural under the influence of grazing loads, *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. 2016, No.4, p.25-32.* (in Russian)
6. *Kumacheva V.D., Guzhvin S.A.* *The effect of cattle grazing on the species composition of the pasture.* In book: Modern scientific and practical solutions for the development of the agro-industrial complex: Proc. of the Nation. Sci. and Pract. Conf. Dagestan, Publishing House: IE "Magomedalieva S.A.". 2018, p. 28-31. (in Russian)
7. *Larin K.V., Beguchev P.P., Rabotnov T.A. et al.* *Meadow growing and pasture farming.* Leningrad: Kolos Pbl., 1975. 528 p. (in Russian)
8. *Miller G.F.* *The effect of pasture load on the soil and soil cover of the Chuy depression in the Altai Mountains.* In book: Natural systems and economics of the Central Asian region: fundamental problems, prospects for rational use: Materials the 2<sup>nd</sup> – Rus. School-Conf. with Int. particip. Kyzyl, 2015, p. 93-96. (in Russian)
9. *Nadezhkin S.N., Kuznetsov I.Y.* *Useful, harmful and poisonous plants.* M.: Publishing House "Knorus", 2010. 249 p. (in Russian)

10. *Natural hayfields and pastures of the Khakass Autonomous Region* / A.V. Kuminova (ed.). Novosibirsk: Nauka, 1974. 230 p. (in Russian)

11. Titlyanova AA, Sambu A.D., Shibareva S.V. *Pasture succession in Central Asia – a factor of natural anthropogenic processes*. In book: *Global environmental processes: Proc. Int. Sci. Conf. The Russian Academy of Sciences*. Moscow, Academy Publishing House, 2012, p. 100-107. (in Russian)

*Received 07 November 2018*

*Accepted 20 September 2019*

*Published 22 September 2019*

**About the author:**

**Kuklina Svetlana L.** – Senior Researcher, the Chair of Soil Science and Soil Resources Assessment, Irkutsk State University (Irkutsk, Russia); [kukl\\_swet@mail.ru](mailto:kukl_swet@mail.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/)

## К 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.П. СЛЯДНЕВА

© 2019 Ю. В. Кравцов 

Адрес: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет», ул. Вилюйская, 28, г. Новосибирск, 630126, Россия. E-mail: [kravtsov60@mail.ru](mailto:kravtsov60@mail.ru)

Приведены основные сведения биографии и краткий очерк исследовательской деятельности заведующего лабораторией почвенной климатологии Института почвоведения и агрохимии СО РАН Алексея Павловича Сляднева – профессора, доктора географических наук. Наряду с обучением студентов и подготовкой аспирантов, А.П. Сляднев был одним из первых исследователей почвенного климата, внесших значительный вклад в изучение и производственную оценку тепловых и водных ресурсов почв Сибири.

**Ключевые слова:** Алексей Павлович Сляднев; биография; почвенная климатология; мелиоративное почвоведение

**Цитирование:** Кравцов Ю.В. К 110-летию со дня рождения А.П. Сляднева // Почвы и окружающая среда. 2019. Том 2. № 2. е72. doi: [10.31251/pos.v2i2.72](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.72)



24 сентября 2019 г. исполняется 110 лет со дня рождения доктора географических наук, профессора Алексея Павловича Сляднева. А.П. Сляднев – выдающийся климатолог Сибири, исследователь, впервые поставивший вопрос о систематическом изучении климата почв Сибири как материального производственного ресурса и сумевший организовать масштабное его исследование для нужд в первую очередь аграрного производства. Трудami А.П. Сляднева и его учеников заложен теоретический фундамент мелиорации климата почв в Сибири. Возвращение к его идеям и разработкам является не только данью памяти замечательному человеку и большому ученому, но и обращением к одному из первоисточников для определения насущных задач мелиоративного почвоведения в Сибири и построения алгоритмов их решения.

Алексей Павлович родился 24 сентября 1909 г. в с. Бобровка (Восточный Казахстан) в семье учителя.

После окончания в г. Барнаул средней школы с педагогическим уклоном он начал трудовую деятельность в качестве учителя начальной школы в с. Святославское (Томский округ), в 1930 г. переехал на станцию Сквородино Амурской железной дороги, где работал учителем средней школы. В 1932 г. А.П. Сляднев стал директором средней школы на станции Талдан Амурской ж.д. и в течение пяти лет работал в этой должности. В 1937 г. он поступил учиться на географический факультет Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева. В годы обучения значительное влияние на него оказали Г.Г. Григор, М.В. Тронов, В.А. Хахлов, И.К. Баженов, А.Я. Булытников и другие увлеченные исследователи природы Сибири. В 1941 г. А.П. Сляднев окончил университет по специальности «география» со специализацией «климатология» и получил квалификацию географа с правом преподавания в высшей и средней школе.

В сентябре 1941 г. А.П. Сляднев призван в Рабоче-Крестьянскую Красную Армию. Участие в Великой Отечественной войне он начал рядовым; после краткосрочного обучения получил звание лейтенанта и был назначен командиром взвода; позднее стал офицером оперативного отдела штаба армии. Алексей Павлович прошел боевой путь от Старой Руссы Новгородской области до Австрии, дважды был ранен, награжден орденом «Красная Звезда» и медалями «За взятие Будапешта», «За победу над Германией». Демобилизован в мае 1946 г. в звании инженер-капитана запаса.

В 1946 г. Министерством просвещения РСФСР А.П. Сляднев назначен на должность старшего преподавателя кафедры географии Барнаульского педагогического института, а в июне

1952 г., в связи с прекращением подготовки там учителей-географов, был переведен на работу в Краевую партийную школу при Алтайском крайкоме КПСС, где преподавал экономическую и политическую географию СССР и зарубежных стран. В 1953 г. Алексей Павлович защитил диссертацию по теме «Климаты Северного Алтая» на соискание ученой степени кандидата географических наук. В январе 1955 г. он был утвержден в ученном звании доцента.

В июле 1956 г. А.П. Сляднев перевелся на работу в Новосибирский государственный педагогический институт на должность доцента кафедры физической географии, с 1 сентября 1956 г. работал деканом естественно-географического факультета НГПИ, а с 1 октября 1958 г. – проректором по научной работе. С декабря 1961 г. Алексей Павлович – профессор кафедры физической географии. В 1967 г. А.П. Сляднев защитил докторскую диссертацию и в 1968 г. был утвержден в ученном звании профессора. Во время работы в НГПИ Алексей Павлович читал курс лекций по физической географии СССР, руководил лабораторными занятиями и полевой практикой студентов естественно-географического факультета.

В 1966 г. за успехи в научной и педагогической деятельности Алексей Павлович награжден орденом «Знак почета».

С августа 1969 г. до своей безвременной кончины 4 апреля 1973 г. А.П. Сляднев работал заведующим лабораторией почвенной климатологии в ИПА СО АН СССР, продолжая по совместительству проводить занятия со студентами НГПИ.

Еще в период работы на Алтае Алексей Павлович возобновил связи с Томским государственным университетом, и, особенно, с выдающимся географом и климатологом, известным исследователем Алтая Михаилом Владимировичем Троновым. Его влияние во многом предопределило научные интересы Алексея Павловича – он обратился к проблемам климатообразования на территории предгорных равнин. По этой теме у А.П. Сляднева вышло несколько публикаций, и выполнена кандидатская диссертация под его руководством.

В 1958 г. опубликованы монография «Очерки климата Алтайского края» (Сляднев, 1958) и раздел в коллективной монографии, посвященной природному районированию Алтайского края (Сляднев, Фельдман, 1958). В этих работах дается очерк агроклиматических условий степного Алтая и приводится районирование территории по климатическим условиям развития сельскохозяйственного производства. Большое внимание уделено, с одной стороны, агропроизводственной оценке климата, с другой – географической составляющей вопросов климатологии. В таком же ключе позднее выполнено и природно-климатическое районирование Западной Сибири (Сляднев, 1964). Так формировалась прикладная агроклиматическая и географическая направленность научных изысканий А.П. Сляднева.

В середине двадцатого столетия освоение нефтегазоносных месторождений в центральной части Западной Сибири и потребность в увеличении эффективности агропроизводства в южной ее половине поставили задачу повышения эффективности хозяйствования в пределах Западно-Сибирской равнины. Решение этой задачи предполагало масштабное изучение и учет ресурсов огромной территории, в том числе ограниченных запасов тепла, а в южных районах Сибири – и влаги. В связи с таким социально-экономическим запросом А.П. Сляднев организовал в НГПИ проблемную лабораторию по прикладной климатологии. По его инициативе и под его руководством начались работы по изучению агроклиматических ресурсов южных районов Западной Сибири, в том числе термического и водного режима почв. Сотрудниками лаборатории и Алексеем Павловичем лично выполнена серия хоздоговорных работ. Так, по заданию Комиссии СО АН СССР по использованию водных ресурсов и института «Ленгипроводхоз» подготовлены материалы к технико-экономическому обоснованию проекта мелиорации 1,2 млн га земель в Кулундинской степи; выполнены задание «Зонального НИ и Проектного института типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий» по районированию Западной Сибири для строительной индустрии, заявки Института гидродинамики и Центрального Сибирского ботанического сада СО АН СССР по хозяйственной оценке метеорологического режима и климатического обоснования природных процессов в южных районах Сибири.

В 1962 г. под руководством А.П. Сляднева на кафедре физической географии НГПИ была открыта аспирантура по специальности «климатология». К Алексею Павловичу прибывали для обучения учителя школ, сотрудники научно-исследовательских институтов, преподаватели вузов из Омска, Красноярска, Горно-Алтайска, Комсомольска-на-Амуре. В работах первых аспирантов был сделан упор на изучение и производственную оценку агроклиматических ресурсов Сибири. Так, В.А. Сенниковым установлены ресурсы климата для зернового хозяйства на равнинах юго-

востока Западной Сибири (Сляднев, Сенников, 1965; 1971). Им же приведены расчеты вероятности оптимального гидротермического режима по фазам развития основных сельскохозяйственных культур; создана схема районирования юго-востока Западной Сибири по ресурсам климата для зернового хозяйства (Сенников, Сляднев, 1972).

В докторской диссертации А.П. Сляднев обосновывал схему комплексного климатического районирования Западной Сибири, осуществленного на разработанных им принципах. Это районирование сопровождалось генетической классификацией зональных и местных климатов, и было направлено, в первую очередь, на выявление производственных ресурсов климата и являлось базисом для различных вариантов прикладного климатического районирования и мелиорации климата почв и приземного слоя атмосферы. Главные положения диссертации отражены в работе «Географические основы климатического районирования ...» (Сляднев, 1965).

В 1969 г. центр исследований агроклиматических ресурсов Сибири переместился из НГПИ в Институт почвоведения и агрохимии СО АН СССР, где А.П. Сляднев создал и возглавил лабораторию почвенной климатологии – первую подобную лабораторию в границах Советского Союза. В рамках этой лаборатории в еще более широких масштабах продолжилось изучение закономерностей формирования тепловых и водных ресурсов в почвах и в приземном слое воздуха на территории Сибири. Глубокая и разносторонняя естественнонаучная подготовка, опыт климатического районирования Западно-Сибирской равнины позволили А.П. Слядневу обосновать и претворить в жизнь географическое (ландшафтное) направление исследований в почвенной климатологии. Основная его идея – климат почв является результатом совокупного влияния комплекса физико-географических условий. Соответственно, в процессе изучения его особенностей можно условно выделить несколько взаимосвязанных этапов: установление особенностей природных условий формирования почвенного климата и ландшафтного разнообразия этих условий; исследование собственно режимов тепла и влаги в почвах; картирование гидротермического режима почв и районирование территории по водно-тепловому режиму почв; производственная оценка почвенных ресурсов тепла и влаги. Следующий, вытекающий из предыдущего, фундаментальный тезис, сформулированный А.П. Слядневым, состоял в том, что климат – ресурс природы, который может и должен быть включен в материальные фонды производства и планирования (Сляднев, 1972). Это послужило основой для дальнейших исследований.

Изыскания на основе сформулированных А.П. Слядневым парадигм проводились сотрудниками лаборатории почвенной климатологии, в основном, его учениками Г.М. Дзюбой, Г.М. Поздняковой, Л.В. Ворониной, Н.М. Чижиковой, В.М. Кравцовым, В.П. Омельяновым, О.С. Гуляевым, Т.И. Азьмука. Проблематика работ сотрудников лаборатории и аспирантов Алексея Павловича охватывала общие и прикладные вопросы производственной оценки ресурсов климата приземного слоя атмосферы и почв. Эти работы можно считать своеобразным ответом на впервые поставленный в Сибири А.М. Шульгиным в конце 1940-х вопрос изучения климата почв, в том числе в целях его мелиорации. А.П. Сляднев и его коллеги исследовали формирование зональных и местных климатов; причинно-следственные связи между атмосферным и почвенным климатом; методы оценки природных условий формирования водного и теплового режимов почв; почвенный климат и микроклимат; способы оценки ресурсов климата для сельского хозяйства и мелиорации. Стационарными, полустационарными и маршрутными актинометрическими, почвенно-гидрологическими и метеорологическими наблюдениями охватывается территория Томского Приобья, лесостепи и степи юго-востока Западно-Сибирской равнины, Абаканской степи, Ачинско-Канской лесостепи и горно-таежных районов бассейна верхнего Енисея. Г.М. Дзюбой осуществлено районирование Барабы по типам почвенного климата (Дзюба, 1970). Г.М. Поздняковой на орошаемых полях Центральной Кулунды выявлены оптимальные сроки и нормы поливов, а также величины составляющих теплового баланса в засушливые и средние по атмосферному увлажнению годы (Позднякова, 1973). Особенности радиационного и теплового баланса на комплексах засоленных почв Северной Кулунды установлены Л.В. Ворониной (Воронина и др., 1972), в Абаканской степи – Н.М. Чижиковой. Л.В. Ворониной выявлено также воздействие атмосферного климата и гидротермического режима почв Северной Кулунды на соленакопление и почвообразование; установлена синхронность и периодичность многолетних изменений основных метеоэлементов в регионе; выделены основные фазы климатических сезонов в Северной Кулунде; создана схема крупномасштабного микроклиматического районирования территории (Воронина, 1992). В.М. Кравцовым выявлены зональные и местные типы климата почв Кулунды Алтайского края; составлена карта среднемасштабного районирования почвенного

климата Кулунды и дана характеристика климатических зон, районов, подрайонов (Кравцов, 1977). В.П. Омеляновым рассчитаны величины теплофизических свойств основных типов почв правобережного Приобья Алтайского края с поправкой на их гумусность; составлена карта размещения средних за вегетационный период теплофизических характеристик почв исследуемого региона (Омелянов, 1977). О.С. Гуляевым на основе предложенного им графического метода градиентного анализа пространственно-временной изменчивости температуры почвы уточнены особенности теплового режима почв юга Западной Сибири; установлены закономерности изменения температуры почвы на глубине 20 см во времени и в пространстве; дана картосхема типов температурообмена почв для исследуемого региона; систематизированы данные о влиянии способов обработки почвы на ее температуру в различные периоды вегетации яровой пшеницы; оценена эффективность влияния безотвальной обработки почвы на ее тепловой режим (Гуляев, 1977). Т.И. Азьмука установлены факторы формирования температуры почв Томского Приобья и показана роль атмосферных процессов и особенностей почвенного покрова в формировании температурного режима почв (Азьмука, 1977). Обобщение основных результатов изыскательских работ учеников А.П. Сляднева, а также сотрудников лаборатории почвенной климатологии представлено в тематических сборниках «География Западной Сибири» (1965; 1972), «Почвенная климатология» (1973) и «Агроклиматология Сибири» (1977).

На базе результатов региональных исследований почвенного климата коллективом во главе с А.П. Слядневым разработаны принципы районирования почвенно-климатических территориальных комплексов, выделены таковые на территории Новосибирской области и определены их количественные характеристики (Воронина и др., 1973). Обилие выявленных комплексов обусловило необходимость их типизации. Авторами районирования выделены ландшафтные группы почвенных климатов: болотных, лесо-болотных, лесных, лугово-лесных, луговых, лугово-степных, степных и вертикальной поясности предгорий и среднегорий. На основе полученных материалов разработано методическое пособие для сельскохозяйственных работников, в котором отмечены циклические во времени изменения агроклиматических условий, и, исходя из установленной цикличности, дан долгосрочный прогноз их изменений (Слядnev, 1970; 1973; 1976).

В 1974 г. А.П. Слядневым с учетом установленных зонально-провинциальных особенностей формирования гидротермического режима почв выполнено первое для Западной Сибири районирование почвенного климата (Слядnev, 1974). На основе этого районирования дана оценка агроклиматических ресурсов отдельных западносибирских регионов, проведена инвентаризация этих ресурсов и сформулированы рекомендации по рациональному использованию и мелиорации гидротермического режима почв Западной Сибири (Слядnev, 1975; Слядnev, Сенников, 1977). Важным итогом научной и научно-организационной деятельности А.П. Сляднева явилась подготовка картографического и справочного материала для Почвенно-климатического атласа Новосибирской области. Он был издан после безвременной кончины А.П. Сляднева (Почвенно-климатический атлас ..., 1978).

Основными результатами работ А.П. Сляднева и его учеников стало установление пространственно-временных закономерностей формирования почвенного климата; определение его количественных связей с климатом атмосферы, почвами, растительностью, рельефом; типизация климатов почв; почвенно-климатическое районирование регионов Западной Сибири и рекомендации по мелиорации климата почв в их пределах.

В настоящее время вопросы оптимизации климата сибирских почв и, в целом, мелиорации самих почв остаются по-прежнему актуальными, что предопределено изменчивостью во времени как самих почв, так и их гидротермического состояния. Это, в свою очередь, обусловлено динамичностью природных факторов почвообразования (прежде всего, атмосферного климата) и неодинаковой антропогенной нагрузкой на почвы в пределах различных регионов Сибири. Установление основных тенденций и закономерностей современных изменений в почвах Сибири в ответ на разнообразные воздействия природных и антропогенных факторов является актуальной научно-практической задачей. На основании выявляемых трендов динамики почв важно решить следующую значимую научно-практическую проблему – определить количественные изменения почвенных ресурсов, особенно недостаточных для Сибири запасов почвенного тепла, а также ресурсов почвенной влаги в южных ее регионах. С учетом современной динамики почв и изменений их ресурсов важно уточнить рекомендации по рациональному использованию сибирских почв и мелиоративных мероприятий по оптимизации их ресурсов. Большими размерами территории Сибири обусловлена вероятность разнообразия изменений почвенных

ресурсов в различных районах, а, следовательно, необходимость современного почвенно-мелиоративного районирования Сибири.

Среди актуальных для текущих задач мелиоративного почвоведения теоретических положений, сформулированных А.П. Слядневым и развитых учениками его школы, можно выделить следующие.

1. Тезис о материальности климатических ресурсов, в том числе, ресурсов почвенного тепла и влаги. Эти возобновляемые ресурсы по-прежнему включаются в состав природно-ресурсного потенциала региона и принимаются во внимание при расчетах потенциальной продуктивности почв.

2. Положение о циклической изменчивости атмосферного климата на территории Западной Сибири. Для современного почвенно-мелиоративного районирования важно установить эти изменения в разных районах Сибири и определить влияние циклических климатических флуктуаций на динамику почв, в первую очередь, их гидротермического состояния. С учетом выявленных изменений возможно уточнение современных величин почвенных ресурсов, их производственная оценка и прогноз динамики этих ресурсов с учетом цикличности атмосферного климата.

3. Использование географического (ландшафтного) подхода к изучению ресурсов почвенного климата. Изменения почвенных ресурсов и механизмы, их обуславливающие, могут быть неодинаковыми не только в различных районах Сибири, но и в пределах одного ландшафта и даже урочища. При установлении количественных параметров почвенных ресурсов важен учет влияния на них местных факторов – пестроты гранулометрического состава, неодинаковых микро- и мезоформ рельефа, растительных сообществ, экспозиции склонов и пр.

4. Климатическое и почвенно-климатическое районирование Западной Сибири А.П. Сляднева является одной из основ для почвенно-мелиоративного районирования этого региона в условиях настоящего времени, главной задачей которого должно стать выделение регионов с одинаковыми почвенными ресурсами и с однородными культуртехническими мероприятиями по оптимизации их использования.

Таким образом, учет основных идей и теоретических положений А.П. Сляднева позволяет отчетливее формулировать и намечать подходы к решению текущих задач рационального использования ресурсов сибирских почв и мелиоративного почвоведения в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Агроклиматология Сибири*. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1977. 136 с.
2. Азьмука Т.И. *Атмосферно-климатические процессы и особенности почвенного покрова как условия формирования температурных режимов почв Томского Приобья* // *Агроклиматология Сибири*. Новосибирск: Наука, сиб. отд-ние, 1977. С. 13-32.
3. Воронина Л.В. *Тепловой режим почв солонцовых комплексов*. Новосибирск: Новосиб. отд-ние изд-ва Наука, 1992. 144 с.
4. Воронина Л.В., Пазухина Р.А., Сляднев А.П. *К вопросу о тепловом балансе юго-востока Западно-Сибирской равнины* // *География Западной Сибири*. Новосибирск, 1972. С. 32-73.
5. Воронина Л.В., Дзюба Г.М., Позднякова Г.М., Сляднев А.П. *Климат почв Новосибирской области* // *Почвенная климатология Сибири*. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1973. С. 179-214.
6. *География Западной Сибири* / под ред. А.П. Сляднева. Уч. записки НГПИ. Вып. 21. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1965. 204 с.
7. *География Западной Сибири* / под ред. А.Г. Поползина. Уч. записки НГПИ. Вып. 60. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1972. 237 с.
8. Гуляев О.С. *К вопросу о тепловом режиме почв юга Западной Сибири и Северного Казахстана и проблеме его регулирования* // *Агроклиматология Сибири*. Новосибирск: Наука, 1977. С. 44-84.
9. Дзюба Г.М. *Типы почвенных климатов Барабинской низменности*. Автореф. дисс. ... к.г.н. Томск, 1970. 23 с.
10. Кравцов В.М. *Среднемасштабное районирование климата почв Кулунды Алтайского края* // *Агроклиматология Сибири*. Новосибирск: Наука, 1977. С. 128-132.
11. Омелянов В.П. *Теплофизические свойства автоморфных почв северной лесостепи и подтайги Алтайского края* // *Агроклиматология Сибири*. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1977. С. 84-90.
12. Позднякова Г.М. *Роль грунтового питания в водном балансе поля (Рубцовская степь)* // *Почвенная климатология Сибири*. Новосибирск: Наука, 1973. С. 107-117.
13. *Почвенная климатология Сибири* / под ред. А.П. Сляднева. Новосибирск: Наука, 1973. 284 с.
14. *Почвенно-климатический атлас Новосибирской области*. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1978. 121 с.

15. Сенников В.А., Сляднев А.П. *Агроклиматические ресурсы юго-востока Западной Сибири и продуктивность зерновых культур*. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 140 с.
16. Сляднев А.П. *Очерки климата Алтайского края*. Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1958. 139 с.
17. Сляднев А.П. *Природно-климатическое районирование Западной Сибири* // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 1964. № 162. С. 5-25.
18. Сляднев А.П. *Географические основы климатического районирования и опыт их применения на юго-востоке Западно-Сибирской равнины* // География Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1965. С. 3-123.
19. Сляднев А.П. *Агроклиматические ресурсы Барабы* // Вопросы мелиорации Барабинской низменности. Новосибирск, 1970. С. 20-41.
20. Сляднев А.П. *Климатические ресурсы сельского хозяйства Западной Сибири* // Географические проблемы Сибири. Новосибирск, 1972. С. 107-143.
21. Сляднев А.П. *Циклические изменения агроклиматических условий в южных широтах Западной Сибири (рекомендации сельскому хозяйству)*. Новосибирск, 1973. 14 с.
22. Сляднев А.П. *О проблемах почвенной климатологии в Западной Сибири* // Доклады сибирских почвоведов к X Международному конгрессу почвоведов. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1974. С. 54-71.
23. Сляднев А.П. *Проблема рационального использования ресурсов атмосферного увлажнения в зерновом хозяйстве средней части Срединного региона* // Природные условия Западной Сибири и переброска стока рек в Среднюю Азию. Новосибирск, 1975. С. 135-159.
24. Сляднев А.П. *Циклические изменения агроклиматологических условий в южных широтах Западной Сибири и продуктивность зерновых культур* // Природные ресурсы Сибири (исследования, преобразования, охрана). Новосибирск, 1976. С. 153-168.
25. Сляднев А.П., Сенников В.А. *О запасах воды в снеге на юго-востоке Западной Сибири* // География Западной Сибири / под ред. А.П. Сляднева. Уч. записки НГПИ. Вып. 21. Новосибирск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1965. С. 146-156.
26. Сляднев А.П., Сенников В.А. *Оценка ресурсов климата для зернового хозяйства (юго-восток Западной Сибири)* // Климат почвы: Материалы, доложенные на совещании секции агроклиматологии Междудементственного научного совета по изучению климатических и агроклиматических ресурсов СССР по проблеме изучения климата почвы. М., 1971. С. 31-38.
27. Сляднев А.П., Сенников В.А. *Агроклиматические ресурсы Западной Сибири и повышение эффективности их использования в сельскохозяйственном производстве* // Агроклиматология Сибири. Новосибирск: Наука, 1977. С. 99-123.
28. Сляднев А.П., Фельдман Я.И. *Важнейшие черты климата Алтайского края (без Горно-Алтайской АО)* // Природное районирование Алтайского края / Тр. Особой комплексной экспедиции по землям нового сельскохозяйственного освоения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. Т.1. С. 9-61.

Поступила в редакцию 09.06.2019

Принята 19.06.2019

Опубликована 12.07.2019

#### Сведения об авторе:

**Кравцов Юрий Васильевич** – доктор биологических наук, профессор кафедры географии, регионоведения и туризма Новосибирского государственного педагогического университета (Новосибирск, Россия); [kravtsov60@mail.ru](mailto:kravtsov60@mail.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/)

### TO THE 110<sup>th</sup> ANNIVERSARY SINCE THE BIRTHDAY OF A. P. SLYADNEV

© 2019 Yu. V. Kravtsov 

Address: Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, Russia. E-mail: [kravtsov60@mail.ru](mailto:kravtsov60@mail.ru)

*The article describes the biography and research highlights of the first head of the soil climatology laboratory in the Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS Alexei Pavlovich Slyadnev, Professor, Doctor of Geographic Sciences, who, alongside with teaching graduate and supervising post-graduate students, pioneered research in soil climatology in Siberia and contributed into economic assessment of soil thermal and water resources.*

**Key words:** Alexey Pavlovich Slyadnev; biography; soil climatology; soil thermal resources; soil melioration

**How to cite:** Kravtsov Yu.V. To the 110<sup>th</sup> anniversary since the birthday of A. P. Slyadnev // *The Journal of Soils and Environment*. 2019. 2(2). e72. doi: [10.31251/pos.v2i2.72](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.72) (in Russian with English abstract).

## REFERENCES

1. *Agro-Climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1977. 136 p. (in Russian)
2. Azmuka T. I. *Atmospheric and climatic processes and features of soil cover as conditions for the formation of temperature regimes of soils of the Tomsk Ob region* In book: *Agro-Climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1977, p. 13-32. (in Russian)
3. Voronina L. V. *Thermal regime of soils of salt complexes*. Novosibirsk: Novosibirsk Publishing House of Nauka, 1992, 144 p. (in Russian)
4. Voronina L. V., Pazukhina R. A., Slyadnev A. P. *On the thermal balance of the South-East of the West Siberian plain*. In book: *Geography of Western Siberia*. Novosibirsk, 1972, p. 32-73. (in Russian)
5. Voronina L. V., Dzyuba G. M., Pozdnyakova G. M., Slyadnev A. P. *Soil Climate of the Novosibirsk region* In book: *Soil climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1973, p. 179-214. (in Russian)
6. *Geography of Western Siberia*. A. P. Sliadnev (ed.). Sci. Notes of Novosibirsk Pedagogical Institute. Issue. 21. Novosibirsk: West Siberian Book Publishing House, 1965. 204 p. (in Russian)
7. *Geography of Western Siberia*. A. G. Popolzin (ed.). Sci. Notes of Novosibirsk Pedagogical Institute. Issue. 60. Novosibirsk: West Siberian Book Publishing House, 1972. 237 p. (in Russian)
8. Gulyaev O. S. *On the thermal regime of soils in the South of Western Siberia and Northern Kazakhstan and the problem of its regulation*. In book: *Agro-Climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1977, p. 44-84. (in Russian)
9. Dzyuba G. M. The Types of soil climates of the Barabinskaya lowland, *Abstract of Dissertation ... Cand. of Biol. Sci. Tomsk, 1970. 23 p.* (in Russian)
10. Kravtsov, V. M. *Medium-scale zonation of soils climate of the Kulunda of Altai territory*. In book: *Agro-Climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1977, p. 128-132. (in Russian)
11. Omelyanov V. P. *Thermophysical properties of automorphic soils of the Northern forest-steppe and sub-taiga of the Altai territory*. In book: *Agro-Climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1977, p. 84-90. (in Russian)
12. Pozdnyakova G. M. *The Role of soil nutrition in the water balance of the field (Rubtsovskaya steppe)*. In book: *Soil climatology of Siberia*. Novosibirsk: Science, 1973, p. 107-117. (in Russian)
13. *Soil climatology of Siberia*. A. P. Sliadnev (ed.). Novosibirsk: Nauka Publ., 1973. 284 p. (in Russian)
14. *Soil-climatic Atlas of the Novosibirsk region*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1978. 121 p. (in Russian)
15. Sennikov V. A., Slyadnev A. P. *Agro-Climatic resources of the South-East of Western Siberia and productivity of grain crops*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1972. 140 p. (in Russian)
16. Slyadnev A. P. *Sketches of the climate in Altai territory*. Barnaul: Altai Book Publishing House, 1958. 139 p. (in Russian)
17. Slyadnev A. P. *Natural and climatic zoning of Western Siberia* In book: *Proceedings of the Main geophysical Observatory A. I. Voeikov*. 1964, No162, p. 5-25. (in Russian)
18. Slyadnev A. P. *Geographical bases of climatic zoning and experience of their application in the South-East of the West Siberian plain* In book: *Geography of Western Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., 1965. P. 3-123. (in Russian)
19. Slyadnev A. P. *Agroclimatic resources of Baraba* In book: *Questions of reclamation of the Barabinskaya lowland*. Novosibirsk, 1970, p. 20-41. (in Russian)
20. Slyadnev A. P. *Climatic resources of agriculture in Western Siberia* In book: *Geographical problems of Siberia*. Novosibirsk, 1972, p. 107-143. (in Russian)
21. Slyadnev A. P. *Cyclic changes of agro-climatic conditions in the southern latitudes of Western Siberia (recommendations to agriculture)*. Novosibirsk, 1973. 14 p. (in Russian)
22. Slyadnev A. P. *On the problems of soil climatology in Western Siberia* In book: *Reports of Siberian soil scientists to the X International Congress of soil scientists*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1974, p. 54-71. (in Russian)
23. Slyadnev A. P. *The Problem of rational use of atmospheric moisture resources in the grain economy of the middle part of the Middle region* In book: *Natural conditions of Western Siberia and the transfer of river flow to Central Asia*. Novosibirsk, 1975, p. 135-159. (in Russian)
24. Slyadnev A. P. *Cyclic changes of agro-climatological conditions in the southern latitudes of Western Siberia and productivity of grain crops* In book: *Natural resources of Siberia (research, transformation, protection)*. Novosibirsk, 1976, p. 153-168. (in Russian)
25. Slyadnev A. P., Sennikov V. A. *About stocks of water in snow in the South-East of Western Siberia* In book: *Geography of Western Siberia / A. P. Sliadnev (ed.)*. Sci. Notes Novosibirsk State Pedagogical Institute. Issue. 21. Novosibirsk: West Siberian Book Publishing House, 1965, p. 146-156. (in Russian)
26. Slyadnev A. P., Sennikov V. A. *Assessment of climate resources for grain farming (South-East of Western Siberia)* In book: *Soil Climate: Materials reported at the meeting of the section of agro-climatology of the*

Interdepartmental scientific Council for the study of climatic and agro-climatic resources of the USSR on the study of soil climate. Moscow, 1971, p. 31-38. (in Russian)

27. Slyadnev A. P., Sennikov V. A. *Agro-Climatic resources of Western Siberia and increasing the efficiency of their use in agricultural production* In book: *Agro-Climatology of Siberia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 1977, p. 99-123. (in Russian)

28. Slyadnev A. P., Feldman Ia. I. *The Major features of the climate of the Altai territory (without the Gorno-Altai Autonomous Region)* In book: *Natural zoning of the Altai territory / Pr. Special complex expedition to the lands of new agricultural development*. Moscow: Publishing House of the AS USSR, 1958. Vol.1, p. 9-61. (in Russian)

*Received 06 June 2019*

*Accepted 19 June 2019*

*Published 12 July 2019*

**About the author:**

**Kravtsov Yuri V.** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Geography, Regional Studies and Tourism of the Novosibirsk State Pedagogical University (Novosibirsk, Russia); [kravtsov60@mail.ru](mailto:kravtsov60@mail.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/)

## 90 ЛЕТ ПРОФЕССОРУ АРГЕНТЕ АНТОНИНОВНЕ ТИТЛЯНОВОЙ

©2019 С.Я. Кудряшова, А.И. Сысо 

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

Приведены биографические сведения и краткий очерк исследовательской деятельности профессора, главного научного сотрудника ИПА СО РАН Аргенты Антониновны Титляновой, которая является широко известным специалистом в области экосистемной экологии и биотического круговорота.

**Ключевые слова:** Титлянова Аргента Антониновна; теоретическая экология; продуктивность травяных экосистем; биотический круговорот

**Цитирование:** Кудряшова С.Я., Сысо А.И. 90 лет профессору Аргенте Антониновне Титляновой // Почвы и окружающая среда. 2019. Том 2. № 2. е78. doi: [10.31251/pos.v2i2.78](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.78)



Профессору Аргенте Антониновне Титляновой – главному научному сотруднику ИПА СО РАН, одному из самых известных в мире специалистов в области экосистемной экологии и биотического круговорота исполнилось 90 лет. Имя А.А. Титляновой связано с именами создателей основ фундаментальной биологии – Н.В. Тимофеева-Ресовского, Н.И. Базилевич, А.А. Ляпунова, И.А. Полетаева и др. Годы совместной работы и дружбы связывают ее со многими известными учеными мира – биологами, почвоведом, математиками, геологами, химиками, географами и др.

Родилась Аргента Антониновна в г. Благовещенске 14 августа 1929 г. В 1952 году окончила Ленинградский университет по специальности “радиохимия” и была распределена на работу в Институт биологии Уральского филиала АН СССР. Возглавляемый Н.В. Тимофеевым-Ресовским отдел, в котором работала Аргента Антониновна, проводил пионерные исследования по биологическому действию радионуклидов и их поведению

в природной среде. Экспериментальная радиационная биогеоценология, которую создавал Н.В. Тимофеев-Ресовский, была совершенно новой наукой, и коллектив лаборатории, разработавший методы определения радиоактивности в естественных компонентах биогеоценозов, внес большой вклад в ее развитие. Результаты серий опытов по исследованию распределения радиоизотопов в естественных биогеоценозах, особенностей сорбции радиоактивных элементов, полученные Н.А. Тимофеевой, А.А. Титляновой, А.Н. Тюрюкановым, Е.Н. Субботиной, Г.И. Махониной, М.Я. Чеботиной, И.В. Молчановой, опубликованы в нескольких номерах журналов «Доклады АН СССР», «Известия АН СССР», «Почвоведение». На основе выполненных исследований в 1963 г. Аргента Антониновна защитила кандидатскую диссертацию “Поведение цезия в почвах и слоистых минералах и накопление его растениями”.

В середине 60-х годов в связи с реорганизацией подразделений Уральского филиала АН СССР Аргента Антониновна перешла работать в деканат факультета естественных наук тогда еще очень молодого Новосибирского государственного университета. Деканом факультета был известный академик В.В. Воеводский, а его заместителем по биологическому отделению более восьми лет проработала Аргента Антониновна. Сотрудники кафедры, как это было принято в университете, совмещали активную преподавательскую и научную деятельность. Одним из направлений научных работ кафедры было изучение биологических комплексов степных геосистем, проводившееся на биологическом стационаре в Онон-Аргунской степи. Холодные сухие степи юго-восточного Забайкалья стали одним из первых объектов по изучению биологической продуктивности, и там совместно с крупнейшим знатоком почв С.А. Коляго была проведена пионерная в Сибири работа по биологическому круговороту элементов, результаты которой опубликованы в “Докладах сибирских почвоведов к IX Международному конгрессу почвоведов” (1968).

С 1970 г. и по настоящее время научная деятельность Аргенты Антониновны связана с Институтом почвоведения и агрохимии СО РАН, где с 1972 г. она в течение 23 лет возглавляла лабораторию биогеоценологии. Именно в этот период коллективом лаборатории были получены основные результаты, сформированы направления исследований, удерживающие лидерские позиции, как в нашей стране, так и за рубежом. По собственному признанию Аргенты Антониновны, огромную роль в становлении лаборатории, да и её становлении как эколога сыграли годы совместной работы с Н.И. Базилевич и А.А. Ляпуновым по Международной биологической программе, посвященной изучению продуктивности основных биомов планеты. В исследованиях “Биогеохимические взаимоотношения между растительностью, почвами и грунтовыми водами в лесостепных ландшафтах Западной Сибири” Аргента Антониновна являлась руководителем раздела “Изучение круговорота веществ в природных биогеоценозах”. В дальнейшем обобщенные материалы исследований были опубликованы в Оксфорде в сводном томе “Травяные биомы мира” и в 2-х томах монографии “Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы” (1974, 1976), а коллективный труд исследователей был отмечен золотой медалью им. В.В. Докучаева. В эти же годы впервые в биологии стали применяться математические методы моделирования и оценки результатов полевых и лабораторных исследований. Экспериментальные данные, полученные при изучении биологического круговорота биогеоценозов Барабы, внесли заметный вклад в моделирование биологического круговорота (А.А. Ляпунов, А.А. Титлянова, 1971, 1974). В 1978 г. Аргента Антониновна защитила докторскую диссертацию “Биологический круговорот углерода и зольных элементов в травяных биогеоценозах”. В 1992 г. ей было присвоено звание профессора.

Значительная часть научной деятельности Аргенты Антониновны посвящена глобальной проблеме современности – повышению продуктивности земледелия. В тесном сотрудничестве с ВНИИ зернового хозяйства ВАСХНИЛ авторским коллективом на базе системного подхода было проведено количественное описание обменных процессов углерода, азота, фосфора и калия в агроценозах яровой пшеницы степной зоны (Титлянова и др., 1982, 1984).

Новое направление – становление биологического круговорота в ходе постантропогенных сукцессии – получило развитие при работе на угольных отвалах Канско-Ачинского угольного бассейна. Материалы комплексных исследований изложены в четырех монографиях, одна из которых – “Режимы биологического круговорота” (1991), написанная совместно с известным чешским экологом М. Тесаржовой – является настольной книгой каждого “круговоротчика”.

В рамках программы “Глобальные изменения природной среды и климата” в результате исследований выполненных под руководством Аргенты Антониновны были получены новые данные о продуктивности растительности и почв экосистем бореальной зоны, позволяющие оценить вклад болотных экосистем Западной Сибири в глобальный цикл углерода (Титлянова, Косых, Мироничева-Токарева и др. (2000, 2002).

Степи всегда были любимым объектом исследования Аргенты Антониновны. В фундаментальной коллективной монографии “Степи Центральной Азии” (2002) ею проведено обобщение большого фактического материала многолетнего изучения продуктивности растительного покрова и устойчивости степных экосистем к антропогенной нагрузке.

Аргента Антониновна была первым помощником Наталии Ивановны Базилевич в научной и организационной работе при выполнении тематических разделов Международной биологической программы на Карачинском лесостепном стационаре ИПА СО РАН. В память о дружбе и совместной научной работе Аргентой Антониновной была организована и проделана огромная работа с архивом Н.И. Базилевич, содержащим данные о химическом составе растений, потреблении и освобождении элементов питания в процессах биотического круговорота. Результатом обобщения фактических материалов и анализа литературных данных, опубликованных после 1985 года, стала фундаментальная монография “Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах” (2008). Аркадий Александрович Тишков, доктор географических наук, профессор, в предисловии редактора написал: “...эта книга – памятник крепкому долговому творческому союзу двух замечательных ученых, одного из которых с нами уже нет. Одновременно, это поучительный пример бережного и вдохновенного обращения с научным наследием. Я уверен, что экологи, почвоведы, географы и биогеохимики получили прекрасный подарок и еще одну возможность укрепить память о профессоре Н.И. Базилевич”.

Результаты исследований А.А. Титляновой внесли весомый вклад в развитие биологических наук. Как считает сама Аргента Антониновна, в числе достижений, полученных под ее руководством в результате коллективной научной деятельности, могут быть выделены следующие результаты.

1. Разработан метод оценки чистой первичной продукции (NPP) в болотах, луговых, степных и пустынных экосистемах, а также в агроценозах. Оценка NPP необходима для построения баланса двуокиси углерода и кислорода между экосистемной оболочкой Земли и атмосферой, а также для оценки количеств органического вещества ежегодно поступающего в почву и поддерживающего запасы почвенного органического вещества (ПОВ).

2. На основе знаний о величинах NPP и влиянии человеческой деятельности на окружающую среду количественно описаны круговороты химических элементов в различных экосистемах.

3. Создан фундаментальный труд – книга (Н.И. Базилевич, А.А. Титлянова) «Биотический круговорот на пяти континентах» с приложением базы данных.

4. Изучены различные виды сукцессий: а) первичные – зарастание отвалов угольной промышленности; смена фитоценозов на берегах создаваемых водохранилищ. б) вторичные – восстановление степей после их использования в качестве агроценозов; пирогенная и пастбищная сукцессии.

5. Установлено, что в любой сукцессии прослеживаются элементы самоподдержания видов и самоорганизации системы. Если антропогенное вмешательство ограничено, то в ходе сукцессии преобладают детерминистические закономерности, выражающиеся в синхронизации процессов или их обратимости типа: смена нагрузки – закономерный ответ травостоя. Если же антропогенное вмешательство постоянно, но бессистемно, то интенсивности процессов в экосистеме сильно флуктуируют, и течение сукцессии становится непредсказуемым.

Большой вклад внесен Аргентой Антониновной в развитие образования в нашей стране. А.А. Титляновой в составе авторского коллектива в 2002 г. объявлена благодарность Министерства образования Российской Федерации за создание комплектов учебников, учебно-методических пособий, разработку новых технологий обучения и практическое использование их в учебном процессе. В 2008 г. Титлянова Аргента Антониновна награждена медалью ордена “За заслуги перед Отечеством” II степени.

В области экосистемной экологии широко известны выдающиеся научные работы Аргенты Антониновны, в числе которых 11 монографий, содержащих обширные фактические данные исследований биологического круговорота и продуктивности травяных экосистем Забайкалья, Барабы, Красноярского края, Туркмении, Тувы, Польши и Швеции.

Ее творчество чрезвычайно многогранно. Особого внимания заслуживают художественные произведения, созданные Аргентой Антониновной, в которых с явным литературным талантом отражены природа и поэзия (Дремучее царство растений..., 2008). Среди ее произведений захватывающие рассказы, зарисовки, эссе о днях учебы в университете, людях и научной работе в Миассово, Новосибирском академгородке, Институте почвоведения и агрохимии (Рассыпанные страницы, 2009), а также книга, в которой представлена история одной сибирской семьи (2015). Аргента Антониновна отличается исключительной эрудицией в самых разных областях и активным интересом к событиям и людям.

Дорогая Аргента Антониновна, поздравляем Вас с юбилеем! Позвольте выразить Вам наше глубокое уважение и восхищение Вашими талантами. Желаем крепкого здоровья, новых научных и литературных успехов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. *Биотический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 376 с.
2. Гаджиев И.М., Королюк А.Ю., Титлянова А.А. и др. *Степи Центральной Азии*. Новосибирск: Новосибирское отделение издательства "Наука", 2002. 299 с.
3. Ляпунов А.А., Титлянова А.А. *Системный подход к изучению потока вещества и потока энергии в биогеоценозе // О некоторых вопросах кодирования и передачи информации в управляемых системах живой природы*. Новосибирск: Институт гидродинамики СО АН СССР, 1971. С. 99–188.
4. Ляпунов А.А., Титлянова А.А. *Системный подход к изучению обменных процессов в биогеоценозе // Ботанический журнал*. Т. 59. №8. 1974. С. 1081–1092.
5. Титлянова А.А. *Поведение цезия в почвах и слоистых минералах и накопление его растениями*. Автореф. дис. канд. биол. наук. Свердловск, 1963. 28 с.

6. Титлянова А. А. *Биологический круговорот азота и зольных элементов в травяных биогеоценозах*. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1979. 151 с.
7. Титлянова А.А. “Дремучее царство растений” Бориса Пастернака глазами ученого–эколога. М: ФОЛИУМ, 2008. 132 с.
8. Титлянова А.А. *Рассыпанные страницы*. М: ФОЛИУМ, 2008. 386 с.
9. Титлянова А.А. *История одной сибирской семьи*. М: ФОЛИУМ, 2011. 164 с.
10. Титлянова А.А., Базилевич Н.И. *Функциональная модель обменных процессов // Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы*. Новосибирск: Наука, 1976. Т. 2. С. 449–467.
11. Титлянова А.А., Кирюшин В.И., Охинько И.П. и др. *Агроценозы степной зоны*. Новосибирск: Наука, 1984. 247 с.
12. Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева–Токарева Н.П. *Биологическая продуктивность болот южного Васюганья // Чтения памяти Ю.А. Львова*. Томск: ТГУ, 1995. С. 59–63.
13. Титлянова А.А., Косых Н.П., Миронычева–Токарева Н.П. Прирост болотных растений // *Сибирский экологический журнал*. 2000. Т.7. №5. С. 653–658.
14. Титлянова А.А., Тесаржова М. *Режимы биологического круговорота*. Новосибирск: Новосибирское отделение издательства «Наука», 1991. 148 с.
15. Титлянова А.А., Тихомирова Н.А., Шатохина Н.Г. *Продукционный процесс в агроценозах*. Новосибирск: Новосибирское отделение издательства «Наука», 1982. 185 с.
16. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A. *Comparative studies of ecosystem function // Grasslands, system analysis and man*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1980. P. 713–759.
17. Titlyanova A.A., Bazilevich N.I. *Nutrient cycling // Grassland ecosystems of the World*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1979. P.170–181.

Поступила в редакцию 30.08.2019

Принята 01.09.2019

Опубликована 02.09.2019

#### Сведения об авторе:

**Кудряшова Светлана Яковлевна** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории почвенно-физических процессов Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [kudryashova@issa-siberia.ru](mailto:kudryashova@issa-siberia.ru)

**Сысо Александр Иванович** – доктор биологических наук, директор Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [syso@issa-siberia.ru](mailto:syso@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/)

## PROFESSOR ARGENTA ANTONINOVNA TITLYANOVA BECOMES 90 YEARS OLD

© 2019 S.Ya. Kudryashova, A.I. Syso 

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

*The article describes biography and research activity of Professor, Doctor of Biological Sciences, Principal Researcher of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk) Argenta A. Titlyanova, who is widely known as a prominent specialist in ecosystem ecology and biotic turnover.*

**Key words:** *Titlyanova Argenta Antoninovna; theoretical ecology; productivity of grassland ecosystems; biotic turnover*

**How to cite:** *Kudryashova S.Ya., Syso A.I. Professor Argenta Antoninovna Titlyanova becomes 90 years old // The Journal of Soils and Environment. 2019. 2(2). e78. doi: [10.31251/pos.v2i2.78](https://doi.org/10.31251/pos.v2i2.78) (in Russian with English abstract).*

## REFERENCES

1. Bazilevich N.I. Titlyanova A.A. *Biotic turnover on five continents: element exchange processes in terrestrial natural ecosystems*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 2008. 376 p. (in Russian)
2. Gadzhiev I.M., Korolyk A.Yu., Titlyanova A.A. et al. *Steppes of Inner Asia*. Novosibirsk: Nauka Publ., Sib. Branch, 2002. 299 p. (in Russian)
3. Lyapunov A.A., Titlyanova A.A. *System approach to studying matter and energy flow in a biogeocenoses*. In book: About some issues of coding and transmitting information in managed ecosystems of living nature.

- Novosibirsk: Institute of hydrodynamics of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1971, p. 99–188. (in Russian)
4. Lyapunov A.A., Titlyanova A.A. System approach to studying exchange processes in a biogeocenosis, *Botanical Journal*, 1974, V. 59, No.8, p. 1081–1092 (in Russian).
  5. Titlyanova A.A. *Cesium behavior in soil and lamina minerals and cesium accumulation in plants*. Cand. Biol. Sci. Thesis Abstract. Sverdlovsk, 1963. 28 p. (in Russian)
  6. Titlyanova A.A. *Biological turnover of nitrogen and ash elements in grassland ecosystems*. Novosibirsk: Nauka SB Pbs., 1979. 151 p. (in Russian)
  7. Titlyanova A.A. “*The dense kingdom of plants*” bu Boris Paternak as seen research ecologist. Moscow: Folium Pbs., 2008. 132 p. (in Russian)
  8. Titlyanova A.A. *Scattered pages*. Moscow: Folium Pbs., 2008. 386 p. (in Russian)
  9. Titlyanova A.A. *A story of one Siberian family*. Moscow: Folium Pbs., 2011. 164 p. (in Russian)
  10. Titlyanova A.A., Bazilevich N.I. *Functional model of exchange processes*. In book: Structure, functioning and evolution of biocenoses in Baraba. Novosibirsk: Nauka Pubs., 1976, Vol. 2, p. 449–467. (in Russian)
  11. Titlyanova A.A., Kiryushin V.I., Ohinko I.P. et al. *Agrocenoses of the steppe zone*. Novosibirsk: Nauka Pubs., 1984. 247 p. (in Russian)
  12. Titlyanova A.A., Kosykh N.P., Mironycheva-Tokareva N.P. *Biological productivity of south Vasyugan mires // Lectures in the memory of Y.A.Lvov*. Tomsk: Tomsk State University, 1995, p. 59–63. (in Russian)
  13. Titlyanova A.A., Kosykh N.P., Mironycheva – Tokareva N.P. The growth of bog plants, *Siberian Journal of Ecology*, 2000, Vol.7, No. 5, p. 653–658. (in Russian)
  14. Titlyanova A.A., Tesarjova M. *Regimes of the biological turnover*. Novosibirsk: Nauka Pubs., 1991. 148 p. (in Russian)
  15. Titlyanova A.A., Tikhomirova N.A., Shatokhina N.G. *Production process in agrocenoses*. Novosibirsk: Nauka Pubs., 1982. 185 c. (in Russian)
  16. Bazilevich N.I., Titlyanova A.A. *Comparative studies of ecosystem function*. In book: Grasslands, system analysis and man. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1980, p. 713–759.
  17. Titlyanova A.A., Bazilevich N.I. *Nutrient cycling*. In book: Grassland ecosystems of the World. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1979, p.170–181.

Received 30 August 2019

Accepted 01 September 2019

Published 02 September 2019

#### About the authors:

**Kudryashova Svetlana Ya.** – Candidate of Biol. Sci., Senior Researcher of the Laboratory for Soil Physics of the Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [kudryashova@issa-siberia.ru](mailto:kudryashova@issa-siberia.ru)

**Syso Alexander I.** – Doctor of Biol. Sci., Director of the Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [syso@issa-siberia.ru](mailto:syso@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/)