

**На правах рукописи**

**Чумбаев Александр Сергеевич**

**ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ ПРЕДСАЛАИРЬЯ**

**03.00.27 – почвоведение**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук**



**Новосибирск – 2005**

Работа выполнена в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН

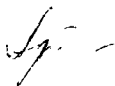
Научный руководитель:	доктор биологических наук, старший научный сотрудник Танасиенко Анатолий Алексеевич
Официальные оппоненты:	доктор биологических наук, старший научный сотрудник Курачев Владимир Михайлович кандидат биологических наук, доцент Кравцов Юрий Васильевич
Ведущая организация:	Государственное научное учреждение Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства СО РАСХН

Защита состоится 5 октября 2005 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 003.013.01 при Институте почвоведения и агрохимии СО РАН по адресу: 630099, Новосибирск, ул. Советская, 18.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института почвоведения и агрохимии СО РАН

Автореферат разослан «30» августа 2005 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук



Артамонова В.С.

2006-4  
15456

218497

## Введение

**Актуальность темы.** Согласно данным Всемирной сельскохозяйственной организации по Глобальной оценке земель, в настоящее время около 15 % суши Земли подвержены деградации [FAO, 1996]. Основным фактором сокращения земельных ресурсов и их продуктивной способности является эрозия почв, обусловленная хозяйственной деятельностью человека. В Западной Сибири, как и в других регионах страны, широкое развитие эрозии почв связано с распашкой земель, особенно в период освоения целины.

Несмотря на то, что в степной и лесостепной зонах Западной Сибири период сельскохозяйственного использования земель не превышает 130 лет, распаханность территории достигает 50 %. Юго-восточная часть региона отличается высокой расчлененностью рельефа, в результате чего почвы здесь в наибольшей степени подвержены эрозии [Танасиенко, Путилин, Артамонова, 1999]. Смыв пахотных черноземов и серых лесных почв происходит на 20 – 25 % площади вследствие преимущественного воздействия талых вод. Специфика развития эрозионных процессов на черноземах Западной Сибири, по данным систематических исследований, обусловлена в основном климатическими и почвенно-физическими условиями формирования термического режима почв в холодный период [Орлов, 1971, 1983; Путилин, 2002; Ковалева, 1992; Танасиенко, 2003]. Приведенные в этих работах общие закономерности формирования поверхностного стока характерны и для черноземов выщелоченных Предсалаирья. Однако количественные и качественные показатели их сезонно-мерзлотного режима, определяющие активность эрозионного воздействия, остаются наименее изученными. Кроме того, практически не исследованы особенности водного и температурного режима черноземов разной степени эродированности. Учитывая актуальность данных проблем и их научно-практическую значимость сформулированы цель и задачи исследования.

**Цель работы.** Определение влияния гидротермического режима черноземов склоновых поверхностей Предсалаирья в холодный период года на развитие процессов эрозии во время снеготаяния.

### Задачи исследований.

1. Изучить взаимозависимость водного и температурного режимов черноземов разной степени эродированности в холодный период гидрологического года и показать особенности сезонного распределения влаги и температуры в почвах.
2. Выявить специфику водного и температурного режимов почв в зависимости от снежности года и типа снеготаяния.
3. Определить влияние термического режима почв холодного периода на объем поверхностного стока талых вод и величину смыва почвы.

**Научная новизна.** Впервые гидротермический режим почв Предсалаирья в холодный период гидрологического года определен как один из ведущих факторов весенней эрозии почв. Выявлена зависимость глубины промерзания почв от их влажности в предзимье, сроков формирования снежного покрова и его



мощности. Определены условия, время формирования и разрушения льдистого мерзлотного слоя черноземов в зависимости от степени их эродированности.

**Защищаемые положения:**

1. В разные по снежности годы глубина промерзания почв Предсалаирья зависит от взаимосвязи температуры воздуха, времени установления и динамики накопления снежного покрова в начале холодного периода.

2. Ведущим фактором большого объема поверхностного стока талых вод и смыва твердой фазы пахотных черноземов является наличие водонепроницаемого льдистого мерзлотного слоя.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные материалы позволяют оценить глубину промерзания и время полного оттаивания черноземов разной степени эродированности юго-востока Западной Сибири, что дает возможность прогнозировать объем поверхностного стока и массу смытой почвы во время снеготаяния.

**Личный вклад автора.** В полевых условиях автором изучены шесть холодных периодов, получены систематические данные по температуре и влажности почв, ежемесячные данные снегомерных съемок. В весенний период визуально и инструментально выявлены особенности снеготаяния. В лабораторных условиях определено количество твердой фазы почвы в талых водах, ее гранулометрический состав; проведена камеральная обработка, анализ и обобщение полученных данных.

**Апробация работы.** Результаты исследований доложены на Всероссийской научной конференции VII Докучаевские молодежные чтения "Человек и почва в XXI веке" в Санкт-Петербурге (2004), на IV съезде Докучаевского общества почвоведов в Новосибирске (2004). Материалы работ обсуждались на лабораторных и молодежных семинарах в Институте почвоведения и агрохимии СО РАН.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 работ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложения. Работа изложена на 149 страницах, содержит 17 таблиц и 30 рисунков. Библиографический список включает 179 источника, в том числе 12 работ зарубежных авторов.

Автор считает своим долгом выразить благодарность руководителю данной работы д.б.н. А.А. Танасиенко и признательность сотрудникам ИПА СО РАН за советы и помощь в оформлении диссертации.

## **Глава 1. Основные подходы к проблеме изучения факторов эрозии**

В условиях континентального климата лесостепной зоны Западной Сибири эрозия почв вызывается стоком талых и ливневых вод. Большинство исследователей [Сурмач, 1976; Орлов, 1983; Танасиенко 1988; Кузнецов 2002] едины во мнении, что твердые осадки являются ведущими в разрушении почвенного покрова пахотных склонов. Вместе с тем, другие исследователи [Гуссак, 1937; Поляков, 1939; Лопатин, 1952] считают основным условием развития эрозионных процессов крутизну склонов. Ими установлена зависимость смыва почвы

от уклона поверхности. Некоторые авторы [Кузник, 1962; Орлов, 1971, 1983; Танасиенко, 1992, 2003; Путилин, 1988, 2002] отмечают существенную роль осеннего увлажнения и промерзания почв в течение холодного периода в формировании весеннего стока талых вод. Это особенно характерно для территории юго-востока Западной Сибири, где почвы находятся в замершем состоянии более 5 месяцев. В связи с этим возникла необходимость изучения влияния гидротермического режима почв Предсалаирья в холодный период как фактора весенней эрозии.

## **Глава 2. Естественно-географические факторы формирования эрозии**

Исследованиями, проведенными как в нашей стране [Панков, 1937; Соколов, 1948; Орлов, 1983; Путилин, 2002 и др.], так и за рубежом [Bosazza, 1953; Stuse, 2001 и др.], установлено, что развитие эрозионных процессов в основном определяется естественно-географическими факторами: рельефом, климатом (особенно важно количество и характер выпадения атмосферных осадков), почвообразующими породами, растительным и почвенным покровом.

В Сибирском регионе исследования гидротермического режима почв проводились в лесостепной зоне, в пределах Буготакского мелкосопочника, который расположен в центральной части Предсалаирской денудационно-аккумулятивной равнины [Николаев, 1978].

Мелкосопочно-увалистый рельеф характеризуется абсолютными отметками высот от 200 до 380 м, сильным горизонтальным ( $0,4 - 2,5 \text{ км/км}^2$ ) и вертикальным (до 120 м) расчленением. Длина склонов увалов иногда превышает 2 км. Крутизна верхних частей склонов колеблется от  $1,5$  до  $2^\circ$ , а нижних – от  $4$  до  $6^\circ$ . Ровных водораздельных пространств почти нет. Склоны асимметричны: южные – крутые, северные – более пологие. В районе Буготакского мелкосопочника, склоны сопки длиной до 300 метров могут иметь выпукло-вогнутую форму, что благоприятно для развития эрозии: процессы денудации здесь привели к выносу материала со средней части склона и формированию шлейфа в понижении.

На протяжении четвертичного периода новейшие тектонические движения при взаимодействии с экзогенными процессами создавали современные морфоструктуры с морфоскульптурными формами, которые обязаны своим обликом, протекающим на нем, эрозионно-денудационно-аккумулятивным процессам.

Климат юго-востока Западной Сибири – континентальный, характеризуется длительной (более 5 месяцев) и холодной зимой, относительно коротким, но жарким летом, а также короткой весной и осенью. Сумма осадков составляет в среднем 400 мм/год, из них на холодный период приходится от 100 до 200 мм [Почвенно-климатический атлас..., 1978]. Одна из особенностей холодного периода – быстрое и глубокое промерзание почв. В связи с большими запасами воды в снеге, неравномерным распределением снежного покрова по элементам рельефа, бурным и коротким снеготаянием создаются условия для большого поверхностного стока талых вод и развития эрозионных процессов.

Почвообразующие породы представлены лессовидными суглинками довольно рыхлого сложения и разной мощности. Высокая карбонатность лессовидных пород способствует закреплению гумуса в процессе почвообразования и оструктуривания верхних горизонтов. Лессовидные породы имеют высокую порозность (40 – 55 %) с преобладанием фракции крупной пыли (35 – 50 %) [Никитенко, 1963]. Как отмечают многие исследователи [Московитин, 1940, Трофимов, 1975, Орлов, 1983 и др.], территории с широким развитием лессовидных пород подвержены интенсивным процессам смыва почв.

Хорошая дренированность Предсалаирья в совокупности с лесостепной растительностью и климатическими условиями способствовали формированию автоморфных почв (занимающие около 80 % территории), среди которых наибольшее распространение получили черноземы выщелоченные и оподзоленные, а также темно-серые лесные оподзоленные почвы. Для Буготакского мелкосопочника характерно преобладание черноземов оподзоленных, на фоне которых развиты небольшие по площади ареалы черноземов выщелоченных, приуроченных к склонам южной экспозиции. Склоны холодной ориентации, как правило, представлены темно-серыми лесными почвами.

Вследствие значительной расчлененности рельефа, больших водозапасах в снежном покрове, короткого и бурного снеготаяния большинство склоновых почв в той или иной степени подвержены эрозионным процессам.

### **Глава 3. Характеристика холодного периода гидрологического года**

Среди основных факторов развития эрозионных процессов климат занимает одно из первых мест [Соболев, 1948; Орлов, 1971; Путилин, 1988, 2002 и др.]. Наибольшее влияние на развитие эрозионных процессов оказывают количество осадков, выпавших за холодный период гидрологического года и характер погоды при снеготаянии.

Значительная длительность холодного периода в Западной Сибири сказывается на количестве твердых атмосферных осадков. С ноября по март на территории Предсалаирья за холодный период накапливается от 60 до 170 мм твердых осадков (табл. 1). Согласно А.А. Танасиенко [2003], для территории юго-востока Западной Сибири характерно пять типов гидрологических лет по снежности: очень малоснежные, малоснежные, нормальные, многоснежные, очень многоснежные.

Начало холодного периода (III декада октября – I декада ноября) в Предсалаирье характеризуется положительной дневной, но уже отрицательной ночной температурами воздуха. Исследованиями Г.Д. Рихтера [1945] установлено, что между временем наступления значительных морозов и временем образования устойчивого снежного покрова наблюдается некоторый временной отрезок. В Предсалаирье такой период может составлять от 10 – 14 до 21 дня. В данный период снежный покров ложится на уже промерзшую до 20 – 40 см почву. Мощность снежного покрова в это время варьирует от 0 – 5 см на открытых участках, до 10 – 15 см – в колках и в лесу. В январе, феврале и марте идет да-

Таблица 1

Осадки холодного (ноябрь – март) периода в различные по снежности гидрологические годы, ГМС Тогучин (1936 – 1995\* гг., 1998 – 2004 гг.)

Годы	Статистические параметры осадков				
	n	lim, мм	M ± m, мм	δ, мм	V, %
Очень малоснежный	12	61 – 72	66±2	4,6	7
Малоснежный	10	81 – 90	85±1	3,6	4
Нормальный	13	98 – 105	101±1	3,0	2
Многоснежный	11	108 – 119	114±2	4,6	4
Очень многоснежный	20	122 – 170	142±5	17,5	12

\* - Составлено по [Справочник по климату, 1969; Гидрологический ежегодник, 1967 – 1969; Метеорологический ежемесячник, 1966 – 1990].

нейшее промерзание почвы. В этот временной отрезок выпадает различное количество твердых осадков и к концу марта – началу апреля мощность снежного покрова достигает максимума, что соответствует среднемуголетним показателям времени установления максимальной высоты снежного покрова в лесостепной зоне Западной Сибири [Сляднев, Сенников, 1965].

Многие ученые, занимавшиеся исследованиями влияния снежного покрова на почвы Европейской части России и Алтая [Рихтер, 1945; Кузьмин, 1960, Шульгин, 1962, 1972 и др.] пришли к выводу, что снежный покров всегда является естественной защитой от проникновения низких отрицательных температур воздуха в почвенный профиль. Однако результаты наших исследований расходятся с мнением большинства ученых. Проанализировав статистические данные по количеству атмосферных осадков, выпавших в холодный период за последние 65 лет на территории Предсалаирья (рис. 1), оказалось, что наибольшая глубина промерзания черноземов наблюдается именно в многоснежные годы, когда мощность промерзшей толщи почти на 50 см больше, чем в очень малоснежные, характеризующиеся минимальной высотой снежного покрова.

Причиной столь неадекватного формирования мерзлой толщи в многоснежные годы служит малое количество атмосферных осадков в начале холодного периода гидрологического года (октябрь) и относительно сухой с осени почвенный профиль, что позволяет отрицательным температурам беспрепятственно проникать вглубь черноземов. Снежный покров, мощностью 10 – 15 см, укрывающий черноземы в конце декабря и в январе, предохраняет почву от последующего охлаждения. Однако он не сохраняет почву от экстремально низких температур воздуха (–40°...–42° С), которые совместно с находящимися в почве запасом холода способствуют дальнейшему промораживанию черноземов вплоть до материнской почвообразующей породы (рис. 2).

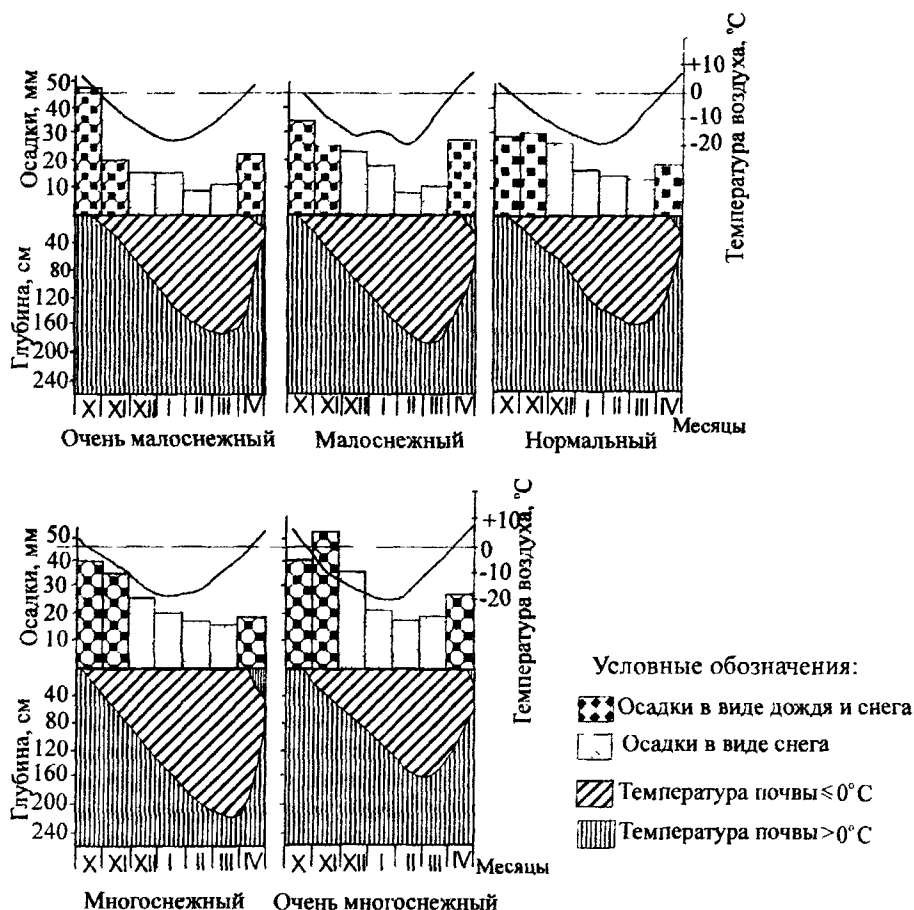


Рис. 1. Среднемесячная температура воздуха, количество осадков и глубина промерзания черноземов Предсалаирья в холодный период различных по снежности зим по многолетним данным (1936 – 1995 гг. \*)

\* - Составлено по: [Справочник по климату, 1969; Гидрологический ежегодник, 1967 – 1979; Метеорологический ежемесячник, 1966 – 1999].

С начала марта происходит увеличение среднесуточной температуры воздуха, когда в первой декаде она равна еще минус 14 – 20° С, а к концу месяца поднимается до минус 2 – 7° С и отмечаются более частые положительные дневные температуры воздуха, под действием которых происходит уплотнение снежного покрова с 0,2 до 0,35 г/см<sup>3</sup>. В конце марта – начале апреля начинается постепенное таяние снега.



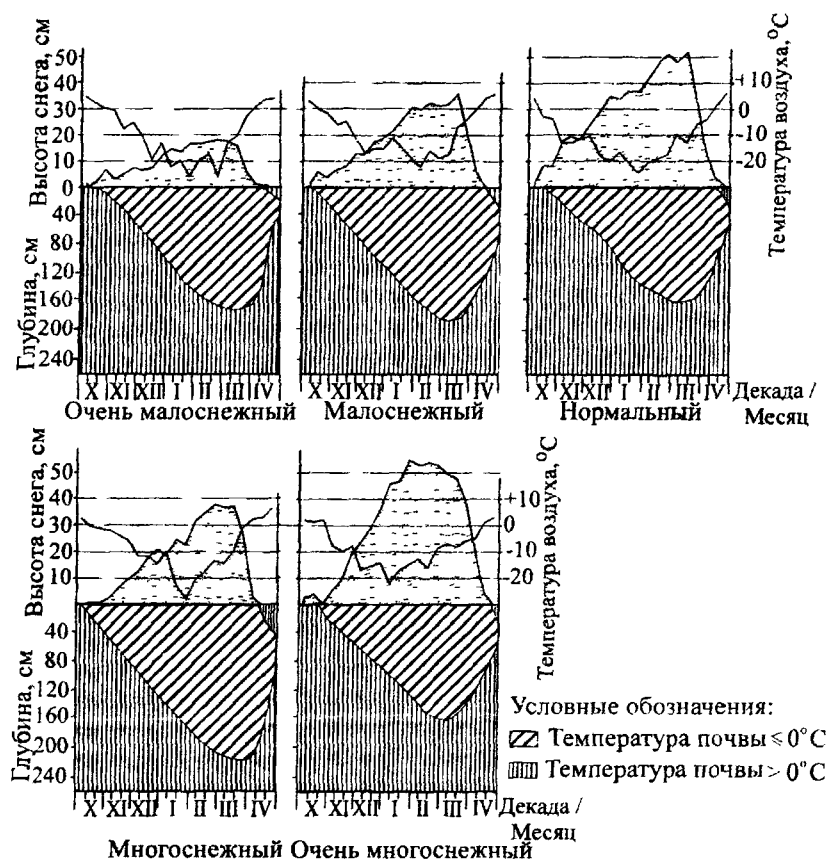


Рис. 2. Среднедекадная высота снежного покрова, температура воздуха и глубина промерзания черноземов Предсалаирья в холодный период различных по снежности зим (1936 – 1995 гг. \*)

\* - Составлено по: [Справочник по климату, 1969; Гидрологический ежегодник, 1967 – 1979; Метеорологический ежемесячник, 1966 – 1999].

На юго-востоке Западной Сибири в период таяния снежного покрова главную роль играет тепло воздуха и прямая солнечная радиация [Рутковская, 1962]. По характеру весенних погод и их синоптических условий, а также по признаку преобладания одного из двух главных факторов таяния, весенние периоды юго-востока Западной Сибири были подразделены на три типа: 1) радиационный; 2) адвективный и 3) смешанный с подтипами: адвективно-радиационный и радиационно-адвективный. Наибольшей повторяемостью здесь отличаются адвективный тип и адвективно-радиационный подтип весны; радиационно-адвективный подтип наблюдается редко, а радиационный тип ма-

ло характерен. На территории Предсалаирья за 6 лет наблюдений были отмечены все типы и подтипы снеготаяния.

#### **Глава 4. Гидротермический режим черноземов в холодный период**

Особенностью климата почвы в холодный период гидрологического года является ее промерзание, вызываемое тем, что в холодное время года почва теряет тепла больше, чем получает от солнца и глубоких слоев земли.

По наблюдениям в Предсалаирье глубина промерзания зависит, прежде всего, от температуры воздуха, влажности почвы в предзимье и времени установления постоянного снежного покрова. Чем влажнее почва, тем меньше при одинаковых температурах воздуха глубина ее промерзания, поскольку при замерзании влажная почва выделяет значительное количество тепла за счет скрытой теплоты льдообразования.

Воздействие снежного покрова на глубину промерзания почв более отчетливо было бы видно при рассмотрении отдельных зим, в течение которых наблюдалась одинаковая температура воздуха, а высота снежного покрова была бы различной. Однако в годы исследований (1998 – 2004 гг.) холодные периоды характеризовались только как очень многоснежные. Поэтому ставилась задача выявить отличия гидротермического режима черноземов выщелоченных незеро-дированных и эродированных как в одинаковые по типу снежности зимы, так и в разные по типу снеготаяния весны.

Начало установления постоянного снежного покрова в Предсалаирье – 20 октября – 10 декабря. Предзимье на этой территории всегда характеризуется частыми ночными, а иногда и дневными, отрицательными температурами воздуха, что при отсутствии снега на поверхности почвы приводит к быстрому и глубокому ее промерзанию. В дальнейшем снежный покров уже формируется на промерзшей до различной глубины почве. Период между появлением первых морозов и установлением постоянного снежного покрова в Предсалаирье различен по годам.

Холодный период 1998 – 1999 гг. характеризовался самым поздним сроком установления устойчивого снежного покрова (II декада декабря). В начале декабря отмечалось практически полное отсутствие снежного покрова при низких среднесуточных температурах воздуха. К этому сроку минимальная температура поверхности пахотного слоя опустилась до минус 12° С. Несмотря на то, что запас влаги в верхнем 40-сантиметровом слое сильноосмытой почвы соответствовал наименьшей влагоемкости (НВ), изотерма 0° С к 4 декабря 1998 г. опустилась до метровой глубины. Скорость промерзания почвы равнялась 2,5 см/сут., и соответствовала максимальной за весь период наблюдений.

Иной характер промерзания в первый месяц холодного периода наблюдался в несмытом черноземе (целина). Под воздействием низких температур воздуха (до минус 25° С) в ноябре почвы целинного участка промерзли лишь на 20 см. Защитную роль от быстрого проникновения отрицательных температур вглубь профиля почвы здесь оказали наличие ветоши и остатков многолетней

высокостебельной растительности на поверхности почвы, а также высокая влажность (в среднем 45%) верхнего 40-сантиметрового слоя. С.В. Макарычевым [1980] установлено, что с повышением влажности почвы ее температуропроводность резко возрастает, достигая максимума при влажности, близкой к влажности разрыва капиллярных связей (ВРК). Дальнейшее увлажнение приводит к снижению температуропроводности почвы.

В Предсалаирье самые ранние даты установления снежного покрова были отмечены в конце октября 2000 г. Формирование снежного покрова по влажной (рис. 3 А) и теплой (рис. 3 Б) почве, положительно сказалось на глубине промерзания чернозема. Осенний запас влаги в профиле пахотных и целинных черноземов превышал НВ.

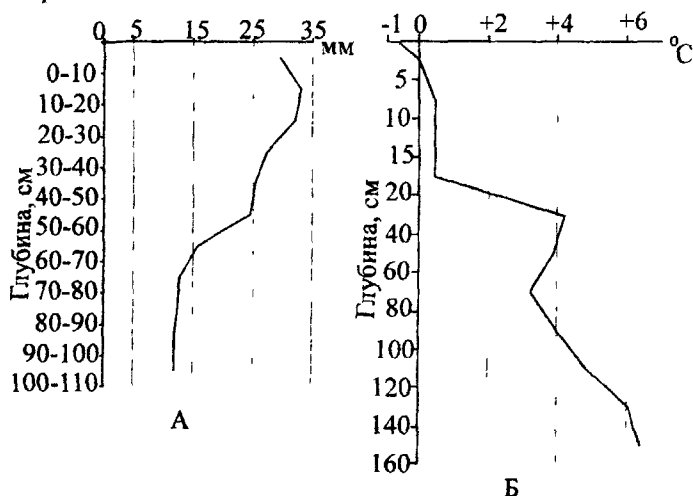


Рис. 3. Влажность (А) и температура (Б) профиля чернозема выщелоченного сильноосытого в начале холодного периода 2000 – 2001 гг.

Формирующийся в конце октября снежный покров был небольшой мощности (5 – 8 см), в результате чего изотерма  $0^{\circ}\text{C}$  к декабрю опустилась до глубины 60 см в сильноосытом черноземе и до 20 см – в несмытом. Скорость промерзания сильноосытой почвы была около 1,5 см/сут., а несмытой – 0,5 см/сут. Это значительно меньше, нежели скорость промерзания тех же почв в начале холодного периода 1998 – 1999 гг.

Дальнейшее промерзание чернозема зависит от запаса холода, накопленного почвами с осени и минимальных температур воздуха в течение зимы. Установившийся в декабре – марте снежный покров уже практически полностью предохраняет почву от охлаждающего воздействия средних отрицательных температур воздуха.

Максимальная глубина промерзания сильноосытого чернозема была зафиксирована в холодный период 1998 – 1999 гг. – 120 см, а несмытого в 2003 – 2004 гг. – 40 см.

Постепенное увеличение среднесуточной температуры воздуха в марте приводит к уплотнению снежного покрова до 0,30 – 0,35 г/см<sup>3</sup>, а при нарастающих дневных температурах воздуха в апреле начинается таяние снега.

Скорость и характер оттаивания почвенного покрова на территории Предсалаирья напрямую подчиняются типу весенней погоды.

При радиационном типе погоды (весна 1999 г.) в дневные часы происходит достаточно интенсивное таяние снежного покрова. На освобожденных от снега участках идет быстрое оттаивание почвы с поверхности, усиливающееся под действием прямой солнечной радиации, нарастающей дневной температуры воздуха и температуры стекающей воды. Исследованиями В.В. Демидова, В.Е. Остроумова, И.А. Никитишеной и др., [1994] установлено, что в Европейской части России оттаивание почвы может происходить как сверху (под действием просачивающейся талой воды), так и снизу, за счет теплового потока к нижней границе мерзлого слоя. Однако на юго-востоке Западной Сибири нарастающие в начале снеготаяния температуры воздуха, а в последствии и температуры поверхности почвы, еще недостаточно высоки для полного прогрева почвенного профиля. Поэтому здесь ежегодно в первую половину снеготаяния, а в отдельные годы и на протяжении всего снеготаяния, в почве находится запирающий мерзлый слой почвы с температурой ниже 0° С, свободные поры которой заполнены льдом. Этот слой препятствует миграции талых вод вглубь почвы и проникновению положительных температур как с поверхности, так и из глубины профиля. Как правило, мерзлый экран формируется на распаханых почвах, где в первые дни снеготаяния происходит быстрый прогрев лишь верхнего 10-сантиметрового слоя. Взаимодействие мерзлого и оттаявшего слоев приводит к формированию внутрипочвенной ледяной прослойки, которая образуется при застывании талой воды (с температурой близкой к 0° С) на границе мерзлого слоя. Последующие талые воды с более высокой температурой свободно проникают через оттаявший слой почвы, доходят до замерзшего слоя, отогревают его и если хватает тепла, продвигаются дальше вглубь, затем, отдав оставшееся тепло, также замерзают, сформировав новый ледовый экран. Поступление талых вод в почву, ее протаивание и замерзание повторяется многократно в течение снеготаяния, до тех пор, пока не произойдет полный прогрев всего почвенного профиля. Лыдистый мерзлотный экран – это специфическое явление, следствие сильного и глубокого промерзания почв Предсалаирья.

В почвах под естественной растительностью запирающий лыдистый слой не формируется, так как целинные почвы обычно промерзают не глубже 20 см. Оттаивание почв целинного участка происходит в начале снеготаяния, равномерно по всей глубине промерзшего слоя.

В сильноосмытом черноземе в первые дни снеготаяния при радиационном типе погоды оттаявший верхний десятисантиметровый слой быстро пропитывается талой водой и приобретает тиксотропное состояние, что облегчает отрыв почвенной массы водными потоками.

Запас влаги в слое 0 – 30 см перед снеготаянием был 108 мм, а после – увеличился на 55 мм. Присутствие водозапирающего мерзлотного экрана на глубине 30 – 50 см затрудняло пополнение влагой слоя 30 – 100 см (рис. 4).

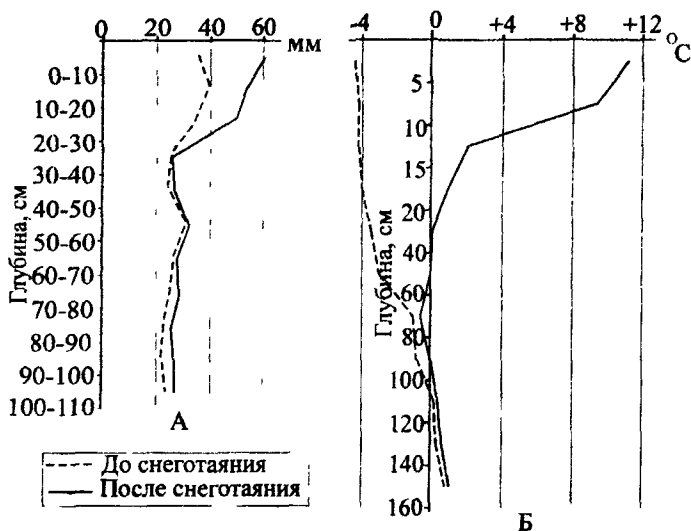


Рис. 4. Влажность (А) и температура (Б) чернозема выщелоченного сильносмытого (весна 1999 г.)

В последний день снеготаяния профиль сильносмытого чернозема успел оттаять только на 60 см. Полное разморозания этой почвы было отмечено лишь через 4 дня после окончания стока талых вод. Таким образом, скорость разморозания чернозема выщелоченного, расположенного на склоне юго-восточной экспозиции, составила 12 см/сут. Это самая высокая скорость разморозания почвенного профиля, отмеченная за все годы исследований.

На целинном участке в последний день снеготаяния весь профиль чернозема (до глубины 150 см) имел положительную температуру. Равномерное распределение влаги свидетельствовало об отсутствии мерзлотного экрана. Зафиксированная скорость разморозания чернозема выщелоченного несмытого при радиационном типе снеготаяния не превысила 6 см/сут.

Снеготаяние при адвективном типе весны (2000 и 2004 гг.) существенно отличалось от радиационного. Таяние снега протекало за счет адвекции теплых масс воздуха, температуре воздуха не выше  $+10^{\circ}\text{C}$  и при отсутствии прямой солнечной радиации.

В конце марта – начале апреля под действием положительных температур воздуха ( $+2...+5^{\circ}\text{C}$ ), но при пасмурной погоде происходило одновременно уплотнение снега и его подтаивание, а на участках, где мощность снежного покрова была невелика, талая вода просачивалась до поверхности почвы.

Начало стока талых вод весной 2000 г. отмечено во второй декаде апреля. Сток фиксировался минимальный. Мерзлая почва медленно прогревалась из-за отсутствия прямых солнечных лучей. На третий день снеготаяния на крутом склоне юго-восточной экспозиции, где в основном распространен чернозем

выщелоченный сильноосмытый, оттаял лишь верхний 5-сантиметровый слой. Глубже фиксировалась отрицательная температура почвы.

Рассеянная солнечная радиация, невысокие положительные температуры воздуха (+7...+9° С) и сильный ветер приводили к большой сублимации снежного покрова, наблюдаемой визуально. В результате этого склон юго-восточной экспозиции освободился от снега за 9 дней. К последнему дню снеготаяния в слабо- и сильноосмытом черноземах оттаял только верхний 30-сантиметровый слой; глубже сохранился слой мерзлой почвы мощностью 50 см. Отсутствие поверхностного стока талых вод, наличие адвективных условий погоды и водопорного мерзлотного экрана в профиле почв склона теплой ориентации способствовали интенсивному испарению влаги из пахотного слоя. В итоге содержание влаги в слое 0 – 30 см после снеготаяния было меньшим, чем до начала стока талых вод. Глубже мерзлотного экрана влажность почв практически не изменилась.

Льдистый мерзлотный экран, обнаруженный в профиле пахотных почв весной 2000 г., разрушился лишь 3 дня спустя после окончания снеготаяния, когда температура поверхности почвы увеличилась до +16° С, а сумма температур в слое 0 – 40 см достигла +46° С. Скорость разморзания почвы в этот год была около 6,5 см/сут.

Адвективная весна 2004 г. отличалась от снеготаяния 2000 г. лишь большей растянутостью периода таяния снежного покрова (16 дней) и, соответственно, меньшей скоростью разморзания пахотных почв склона юго-восточной экспозиции (2,5 см/сут).

Наибольшей повторяемостью за исследуемый период отмечался смешанный тип снеготаяния – адвективно-радиационный, который носил характер всесен, как адвективного, так и радиационного типа.

Характер адвективно-радиационного подтипа снеготаяния (2003 г.) во многом схож с адвективным типом. Весна 2003 г. отмечена, как самая поздняя за период наблюдений. Первые признаки снеготаяния зафиксированы 20 апреля. Установление снежного покрова на влажную, но промерзшую до 15 – 20 см, почву осенью 2002 г. привело к промерзанию пахотных черноземов до 100 см.

Быстрые смены в течение дня ясной, солнечной погоды на преобладающую пасмурную, иногда дождливую, с температурой воздуха до +7° С, замедляли оттаивание пахотного слоя почв. За первые 2 дня оттаял 15-сантиметровый слой почвы, глубже присутствовал мощный (до 60 см) льдистый мерзлотный экран, с температурой от 0 до минус 1° С. Поскольку свободные поры были заняты льдом, талая вода не могла проникнуть через этот экран, в результате чего формировался поверхностный и внутрипочвенный сток. Последний был обнаружен во время отбора образцов почвы на влажность методом бурения. Визуально было зафиксировано выделение воды из стенок скважины на глубине 10 – 15 см от поверхности почвы, подтверждающее наше предположение, что мерзлотный экран, находящийся в почве каждую весну глубже 20 см, является естественным препятствием для свободной фильтрации талых вод вглубь профиля.

К последнему дню снеготаяния при адвективно-радиационном подтипе погоды на склоне юго-восточной экспозиции (26 апреля) поверхность почвы прогрелась до  $+7^{\circ}\text{C}$  и положительные температуры в профиле сильносымого чернозема проникла до глубины 40 см, но ниже, в слое 40 – 80 см, все еще сохранялась нулевая температура. Поэтому изменений во влажности сильносымой почвы глубже 50 см не наблюдалось (рис. 5).

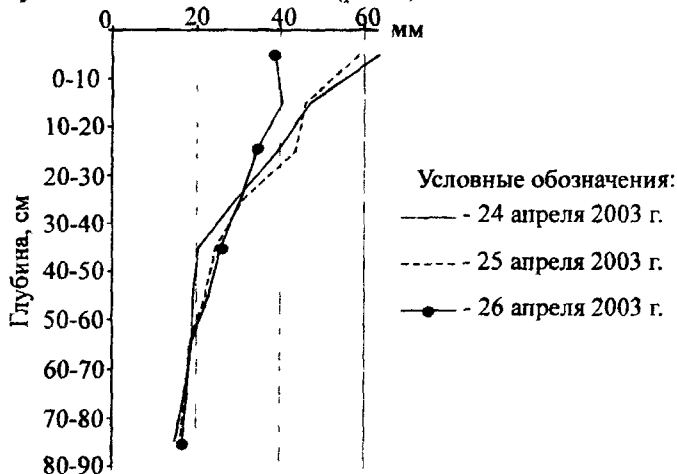


Рис. 5. Влажность чернозема выщелоченного сильносымого, весна 2003 г.

Разрушение мерзлотного экрана было отмечено лишь через 4 дня после окончания снеготаяния. Скорость разморзания почв склона теплой ориентации при адвективно-радиационном типе весны – 10 см/сут.

Исследованиями установлено, что при адвективном типе и адвективно-радиационном подтипе снеготаяния в профиле эродированных почв прибавки влаги за период снеготаяния не наблюдается, напротив, содержание влаги в слое 0 – 30 см в конце снеготаяния оказывается меньшим, нежели до начала снеготаяния. Причиной этому служит преобладание адвективного фактора таяния снега, когда существенные потери снегозапасов обусловлены сублимацией.

На территории Предсалаирья радиационно-адвективный подтип снеготаяния наблюдался дважды – в 2001 и 2002 годах. Снеготаяние при этом подтипе начинается примерно во второй декаде апреля. Первые 3 – 4 дня снеготаяния практически идентичны друг другу. Отличия в погоде наблюдались лишь на четвертый день снеготаяния. Радиационно-адвективный подтип характеризуется возвратом холодов и, соответственно, прекращением снеготаяния. В годы с данным подтипом весенней погоды похолодание наступало до (2002 г.) и после (2001 г.) дня с максимальным объемом стока талых вод.

Разрушение льдистого мерзлотного экрана при радиационно-адвективном подтипе весенней погоды зафиксировано до окончания стока талых вод.

Таким образом, скорость размерзания черноземов во время снеготаяния напрямую зависит от типа весенней погоды. При радиационном типе снеготаяния скорость размерзания почвы максимальна и равна 12 см/сут. Минимальной скоростью оттаивания профиля черноземов характеризуется адвективный тип весны – 2,5 см/сут.

## **Глава 5. Формирование поверхностного стока талых вод и смыв твердой фазы почв в зависимости от типа снеготаяния**

Снеготаяние в Предсалаирье, как правило, начинается со склонов южной ориентации, так как здесь снегозапасы меньше, чем на иных экспозициях. Сток талых вод на теплом склоне протекает по мерзлой почве, величина и интенсивность которого зависят от запасов воды в снеге и типов весенней погоды.

В годы исследований снегозапасы за холодный период варьировали от 126 до 175 мм, то есть были очень многоснежные годы. Погодные условия во время снеготаяния сугубо индивидуальны.

Радиационный тип снеготаяния (1999 г.) характеризовался бурным и коротким (6 дней) периодом схода снежного покрова. Пик снеготаяния фиксировался на 4 день. В этот день объем стока талых вод составил 50 % от общего, интенсивность стока талых вод – 35 л/с/га, а их мутность – 35 г/л. Оттаявший пахотный слой содержал 55 – 60 % влаги.

Наличие мерзлотного экрана в профиле пахотных почв обусловило большой поверхностный сток талых вод, объем которого достиг 1130 м<sup>3</sup>/га и вызвал потерю почвы с водосбора до 24 т/га. Коэффициент стока составил 0,7.

Кардинально отличным от радиационного типа оказался адвективный тип снеготаяния, одной из особенностей которого можно отметить минимальный сток талых вод. Несмотря на высокие температуры воздуха (+7°...+10° С) в первые дни снеготаяния, интенсивный сток талых вод не наблюдался. На поверхности почвы формировались лишь микроручьи, интенсивность стока которых было сложно измерить.

В пик снеготаяния объем стока талых вод при адвективном типе погоды составлял весной 2004 г. – 21 м<sup>3</sup>/сут с каждого гектара склоновых массивов, а весной 2000 г. намного меньше – 8 м<sup>3</sup>/сут. В последующие за пиком снеготаяния дни преобладали процессы сублимации и испарения, в результате чего поверхностный сток талых вод практически отсутствовал.

Подобное снеготаяние в Новосибирском Присалаирье наблюдал А.Д. Орлов [1983] в 1976 г. По его данным за 8 дней снеготаяния снег сошел полностью. В тот год на долю поверхностного стока пришлось чуть больше 1 % от запасов воды в снеге, часть талых вод впиталось почвами, но основная масса снега сублимировалась в связи с усиленной ветровой деятельностью.

Исследованиями отмечено двоякое воздействие адвективного типа снеготаяния на почвенный покров. С одной стороны, небольшой сток талых вод сводит к минимуму потери твердой фазы почвы, то есть к отсутствию эрозионных процессов. С другой стороны, при этом типе снеготаяния преобладает процесс сублимации, приводящий к поступлению влаги в почву в крайне малом количе-



стве, в результате чего в конце снеготаяния влажность полуметрового слоя эродированных черноземов практически идентична осенней. Положительную роль в снижении величины смыва твердой фазы черноземов весной 2004 г. сыграл стерневой фон.

Смешанный тип снеготаяния на территории юго-востока Западной Сибири сопровождается вторжением холодного воздуха по восточной и южной периферии антициклона, что приводит к похолоданию и прекращению таяния снега, то есть к перерыву в снеготаянии. И в соответствии с этим в 2002 году похолодание наступило до пика снеготаяния, а в 2001 году похолодало после пика снеготаяния.

При смешанном типе погоды в первые 2 дня снеготаяния независимо от года наблюдалось значительное увеличение интенсивности стока талых вод. Однако существенного смыва почв не происходило, так как талая вода передвигалась преимущественно по поверхности снежного покрова, а на участках, где снег уже отсутствовал, талые воды мигрировали вниз по склону по поверхности мерзлой почвы.

На третий день снеготаяния весной 2002 г., высокие температуры воздуха обусловили 2-кратный рост интенсивности стока талых вод за 3 часа и 30-кратное – за 24 часа (по сравнению с предыдущим днем) увеличение мутности снеготалых вод (рис. 6), что связано с постепенным прогревом пахотного слоя.

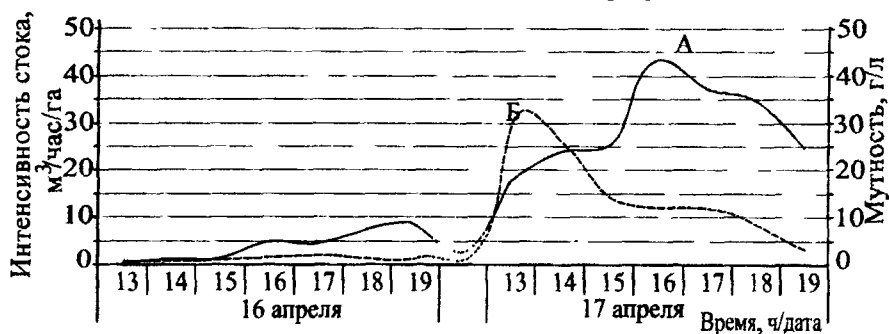


Рис. 6. Интенсивность стока (А) и мутность (Б) талых вод, склон юго-восточной экспозиции, весна 2002 г.

Пик снеготаяния в 2001 г. характеризовался максимальным как суточным объемом стока талых вод (более 70 %), так и массой смытой почвы – 85 % от общей потери. Такие показатели являются экстремально большими для всех типов снеготаяния. Последующие за пиком снеготаяния похолодание привело к снижению интенсивности стока талых вод.

Накопленное за первые дни снеготаяния в 2001 году тепло и нарастающие температуры в глубине почвы привели к разрушению мерзлотного экрана. Поэтому излишки талой воды пахотного слоя свободно мигрировали вглубь профиля. Оставшийся снежный покров на склоне юго-восточной экспозиции сублимировался в последующие дни при адвективном типе погоды.

Похолодание в период снеготаяния 2002 г. произошло на четвертый день стока талых вод (18 апреля) когда фиксировался только внутрипочвенный сток.

Возврат холодов способствовал переходу почв в мерзлое состояние. Однако быстрое повышение температуры воздуха 21 и 22 апреля прогрело пахотный слой, а нарастающая интенсивность стока талых вод увеличила их мутность до 81 г/л – максимальная за годы наблюдений. В пик снеготаяния (23 апреля) талыми водами, объемом 256 м<sup>3</sup>/га/сут, было смыто с водосбора по пахотному фону более 13 т/га почвы. В последующие дни объем стока заметно сократился, так как нарастающие температуры воздуха и почвы разрушили льдистый мерзлотный экран, и талые воды свободно проникали в профиль пахотных черноземов.

Таким образом, высокие объем стока талых вод и их мутность контролируются наличием мерзлотного экрана в профиле почв, типом весенней погоды, а так же способом обработки почв осенью. Весной 2002 г. на варианте с зяблевой вспашкой, при смешанном типе снеготаяния талыми водами объемом 864 м<sup>3</sup>/га смыто с водосбора более 28 т/га почвы, а весной 2003 г. по стерневому фону талыми водами, объемом почти в 1,5 раза большим (1300 м<sup>3</sup>/га), отчужденные твердой фазы черноземов оказалось на порядок меньшим – 2,7 т с каждого гектара водосбора.

## Выводы

1. Основными факторами нерегулируемого поверхностного стока талых вод являются большие запасы воды в снеге к моменту снеготаяния, сильное и глубокое промерзание пахотных почв в зимний период, препятствующее инфильтрации талых вод.

2. Скорость промерзания почвы контролируется временем установления постоянного снежного покрова. При формировании устойчивого снежного покрова в самом начале холодного периода гидрологического года (III декада октября 2000 г.) скорость промерзания пахотных почв составляла 1,5 см/сут, а при позднем (II декада декабря 1998 г.) почвы промерзали со скоростью 2,5 см/сут.

3. Наибольшая глубина промерзания черноземов Предсалаирья отмечалась при позднем формировании устойчивого снежного покрова, которое характерно для многоснежных зим. Мощность промерзшей толщи в такие зимы почти на 50 см больше, чем в очень малоснежные, когда высота снега минимальна, но более ранние сроки установления постоянного снежного покрова.

4. Глубина промерзания черноземов зависит не только от суммы отрицательных температур воздуха и количества выпадающих твердых атмосферных осадков в начале холодного периода, но и от величины осеннего увлажнения почвенного профиля. Большая скорость и глубина промерзания отмечались при осеннем содержании влаги в почве, соответствующим или меньше величины наименьшей влагоемкости. Высокое содержание влаги (> НВ) в верхнем полуметре черноземов положительно сказывалось на глубине и скорости промерзания почв.

5. Специфика температурного режима черноземов Предсалаирья в течение холодного периода гидрологического года заключается в том, что на фоне высокого увлажнения верхней толщи почвы, устойчивого снежного покрова, глубокого и сильного промерзания профиля формируется льдистый мерзлотный экран, непроницаемый для талых вод. Поэтому вне зависимости от величины снегозапасов здесь ежегодно наблюдается значительный поверхностный сток ( $K_{ст} > 0,5$ ), приводящий к существенному отчуждению твердой фазы черноземов.

6. Наличие льдистого мерзлотного экрана в профиле пахотных почв в наблюдаемые весны является основной причиной формирования поверхностного и внутрипочвенного стока талых вод. Максимальный объем стока талых вод (113 мм) и экстремально большой смыв почв (28 т с гектара водосбора) фиксировались при смешанном типе снеготаяния.

7. Скорость разморзания черноземов во время снеготаяния во многом зависит от типа весенней погоды. При радиационном типе снеготаяния скорость разморзания почвы максимальна – 10 см/сут. Минимальной скоростью оттаивания почв характеризуется адвективный тип весны – 2,5 см/сут.

8. Время разрушения мерзлотного экрана тесно коррелирует с погодными условиями во время снеготаяния. При радиационно-адвективном подтипе погоды экран разрушается в последний день стока талых вод; при радиационном, адвективном типах и адвективно-радиационном подтипе – через 3 – 7 дней после окончания снеготаяния.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Чумбаев А.С. Внутрипочвенный мерзлотный экран как фактор формирования поверхностного стока талых вод // Сиб. экол. ж., 2005. – Т 12. – №5. (0,3 п.л.)

2. Чумбаев А.С. Гидротермические факторы эрозии почв в Предсалаирье // Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов: В 2-х кн. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004. – Кн. 2. – С. 534 – 535. (0,1 п.л.)

3. Чумбаев А.С. Температурный режим эродированных почв Предсалаирья в холодный период: Тез. Докл. Всероссийской конференции VII Докучаевские молодежные чтения. – С. Петербург, 2004. – С. 59 – 60. (0,1 п.л.)

4. Буханистова Е.С., Чумбаев А.С. Противоэрозионный эффект стерни // Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов: В 2-х кн. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004. – Кн. 2. – С. 511 – 512. (0,1 п.л. / 0,05 п.л.)

5. Чумбаев А.С. Гидротермический режим эродированных почв Предсалаирья весной 2001 г. // Почвенно-геохимические процессы в ландшафтах юга Западной Сибири. – Новосибирск: ЦЭРИС, 2001. – С. 58 – 62. (0,3 п.л.)

6. Чумбаев А.С. Эколого-экономическая оценка почв разной степени эродированности Предсалаирья // Сборник научных работ студентов и молодых ученых ЕГФ НГПУ. – Новосибирск, 2001. – Вып. 3. – С. 167 – 169. (0,2 п.л.)

7. Буханистова Е.С., Горелова Т.А., Танасиенко А.А., Чумбаев А.С. Гумусное состояние и особенности распределения подземной фитомассы в эродированных черноземах Предсалаирья // Почвоведение (в печати)

15328

РНБ Русский фонд

2006-4

15456

Заказ № 0311

Бумага офсетная, 80 г/м<sup>2</sup>

тираж 130 экз.

Подписано в печать 15.08.05

Усл. печ. л. 1,2

Отпечатано в типографии ООО «Компания Юзерс»,  
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 157/1, тел. (383) 228-59-95