

УДК 631.432.2

ВЕСЕННИЙ ДЕФИЦИТ ВЛАГИ В ПРОФИЛЕ ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УВЛАЖНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ВОСТОКА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2019 г. А. А. Танасиенко¹, А. С. Чумбаев¹, *, О. П. Якутина¹, Д. А. Филимонова¹¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, пр. Академика Лаврентьева, 8/2, Новосибирск, 630090 Россия

*e-mail: chas30@mail.ru

Поступила в редакцию 02.07.2018 г.

После доработки 29.12.2018 г.

Принята к публикации 15.02.2019 г.

Установлено, что неэродированные и эродированные черноземы юго-востока Западной Сибири уходят в зиму с большим дефицитом влаги, а запасов воды в снеге к концу холодного периода вполне может быть достаточно для ликвидации создавшегося дефицита. Однако талые воды во время снеготаяния насыщают лишь верхнюю полуметровую часть почвенного профиля. Запасы почвенной влаги после снеготаяния в слоях 50–100 и 100–150 см равны предзимним запасам, а в отдельные годы меньше таковых. Полному поглощению почвами талых вод препятствует внутрипочвенная льдистая прослойка. Сделан анализ изменчивости атмосферного увлажнения за 80-летний период трех крупнейших геоморфологических районов юго-востока Западной Сибири: Новосибирского Приобья и Предсалаирья, а также Кузнецкой котловины. Выделено четыре цикла выпадения осадков холодного периода гидрологического года: первый – малоснежный (1938–1962 гг.), второй – нормально снежный (1963–1988 гг.), третий – многоснежный (1988–2012 гг.); с 2013 г. начало четвертого цикла увлажнения (очень многоснежный) территории Кузнецкой котловины, ровно, как и Новосибирского Предсалаирья и Приобья.

Ключевые слова: запас почвенной влаги, атмосферное увлажнение, сток талых вод, *Luvic Chernozems (Siltic)*, *Haplic Chernozems (Siltic)*

DOI: 10.1134/S0032180X19080148

ВВЕДЕНИЕ

Склоны той или иной крутизны представляют собой наиболее распространенный элемент рельефа и занимают наибольшую площадь. Установлено, что около 40% пашни Российской Федерации расположено на склонах более 1°; по состоянию на 01.01.2002 г. из 123.9 млн га общей площади пашни 41 млн – эрозионноопасные, включая более 24 млн га уже эродированных земель [1]. В Западной Сибири в пашне находится почти 20 млн га, большая часть которых приходится на черноземы. Среди пахотных земель здесь наиболее распространены черноземы оподзоленные и выщелоченные – 31%, а черноземы обыкновенные и южные – 28% [28]. Следовательно, около 60% пашни в Западной Сибири представлено черноземами. Эрозия почв в этом регионе развита почти повсеместно, но наиболее интенсивны процессы смыва в зоне распространения черноземов. Только в трех геоморфологических районах Западной Сибири: Новосибирском Предсалаирье и Приобье, а также в Кузнецкой котловине, находящейся в Кемеровской области, под пашней заня-

то 2.5 млн га. Каждый пятый гектар пашни здесь в той или иной степени уже поражен эрозионными процессами [25].

В результате развития эрозии черноземы пашни, распространенные на склонах крутизной более 1°, теряют не только твердую фазу с высоким содержанием органических и минеральных веществ, но и большое количество талых и ливневых вод, так необходимых для возделываемых сельскохозяйственных культур. В итоге в профиле почв склоновых поверхностей, как в предзимье гидрологического года, так и после окончания снеготаяния, а также в предпосевной период, возникает значительный дефицит влаги, который не всегда компенсируется выпадающими жидкими осадками.

Цель исследований – на фоне многолетнего увеличения увлажнения территории юго-востока Западной Сибири выявить наличие и причины осеннего и весеннего дефицита влаги в профиле неэродированных и эродированных почв.

Для достижения поставленной цели был сделан анализ количества осадков, выпадающих в

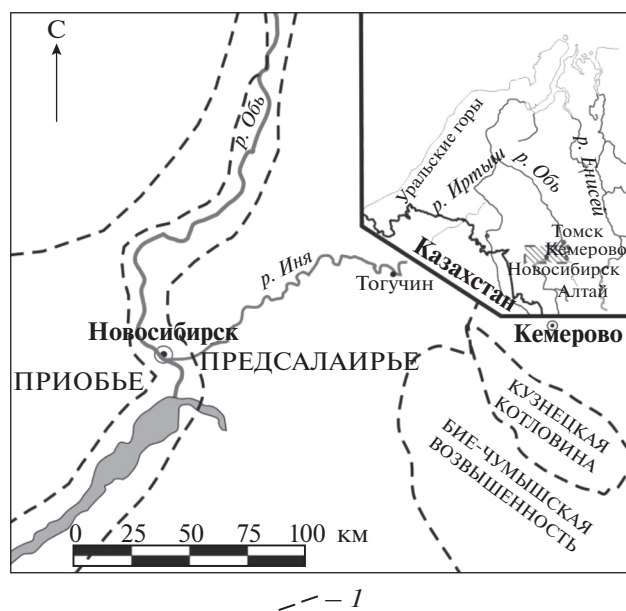


Рис. 1. Карта-схема геоморфологического районирования Предалтайской лесостепной провинции. 1 – границы геоморфологических районов.

холодный период гидрологического года в том или ином геоморфологическом районе юго-востока Западной Сибири, запасов общей влаги в профиле естественных и антропогенно-преобразованных почв в предзимье, после окончания снеготаяния и в предпосевной период, а также потерь талых вод вследствие их поверхностного стока.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований послужили черноземы разной степени эродированности в пределах Предалтайской лесостепной провинции на территории Новосибирского Предсалаирья и Приобья, а также Кузнецкой котловины (Кемеровская область). Новосибирское Предсалаирье – это часть территории на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Оно расположено в правобережной части бассейна р. Обь и на востоке граничит с Кузнецкой котловиной и Бие-Чумышской возвышенностью, на севере – ограничено Колывань-Томской возвышенностью, а на юге – долиной р. Обь (рис. 1).

Предсалаирье представляет собой возвышенную плоско- и холмисто-увалистую сильнорасчлененную равнину в общем наклоненную в сторону Западно-Сибирской равнины с абсолютными отметками высот 200–300 м. Здесь распространены антропогенно-деградационные лесостепные ландшафты, в условиях которых почвенный покров характеризуется невысокой контрастностью, и основным фоновым образованием служат полнопрофильные и в различной степени эродированные

черноземы выщелоченные и оподзоленные средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Учитывая высокое горизонтальное (1.0–1.2 км/км²) и вертикальное (75–100 м) расчленение, относительно малое (15–25%) распространение водораздельных пространств, данную территорию следует отнести к потенциально очень сильно эрозионноопасной [25].

Новосибирское Приобье представляет собой широкоувалистую равнину, сравнительно хорошо дренированную благодаря густой сети ложбин, балок и оврагов [8, 14]. Абсолютные отметки высот на западе Приобья составляют 220–230 м, а на востоке – 190–200 м. В Предсалаирье эти высоты в 1.5 раза больше. Поэтому неслучайно территория Новосибирского Приобья характеризуется значительно меньшим расчленением, чем Предсалаирья. Согласно Орлову [15], на Приобском плато водоразделы занимают 30–40% всей территории. Вследствие небольшого горизонтального (0.4–0.8 км/км²) и вертикального (30–90 м) расчленения, широкого распространения (до 40%) водораздельных пространств, территорию Новосибирского Приобья следует диагностировать как средне эрозионноопасную.

Большая часть Кузнецкой котловины, особенно ее возвышенная денудационная равнина, занимающая всю южную расчлененную часть котловины, характеризуется холмисто-увалистым рельефом. Рельеф, согласно Файнеру [27], носит отпечаток интенсивных движений, определивших энергию речной и плоскостной эрозии. Абсолютная высота водоразделов колеблется в пределах 300–400 м, а отдельные холмы достигают высоты 500–550 м. Следовательно, абсолютная высота водоразделов здесь примерно на 100 м больше, чем в Новосибирском Предсалаирье. Поэтому для возвышенной денудационной равнины Кузнецкой котловины характерна более сильная расчлененность рельефа, достигающая 150–200 м, чем рельефу Предсалаирья. Важно подчеркнуть, что глубокий врез характерен не только для рек, но и балок, глубина вреза которых достигает 75–100 м. Горизонтальное расчленение так же, как и вертикальное, на территории возвышенной денудационной равнины Кузнецкой котловины очень интенсивное и, как правило, колеблется от 1.0 до 2.6 км/км², а местами достигает 3.3–3.5 км/км². В связи с таким глубоким и густым расчленением ровные водораздельные пространства занимают весьма незначительную часть. Подавляющее большинство земель расположено на склонах различной крутизны, где на пашне интенсивно протекают эрозионные процессы. Следовательно, территория Кузнецкой котловины – самая эрозионноопасная среди сравниваемых геоморфологических районов.

Таблица 1. Распространение неэродированных и эродированных почв в различных геоморфологических районах Западной Сибири

Геоморфологический район	Пашня (всего), тыс. га	В том числе почвы, тыс. га					Совместная эрозия (эрозия + дефляция), тыс. га
		неэродированные	слабо-эродированные	средне-эродированные	сильно-эродированные	всего эродированных	
Новосибирское Предсалаирье	953.8	735.6	166.4	28.9	1.6	196.9	21.2
Новосибирское Приобье	667.4	618.9	45.2	3.1	0.2	48.5	0.1
Кузнецкая котловина	921.1	717.8	122.3	17.4	3.6	143.3	60.0
Всего	2542.3	2072.3	333.9	49.4	5.4	388.7	81.3

Таким образом, холмисто-увалистый рельеф Новосибирского Предсалаирья и Приобья, а также Кузнецкой котловины при достаточном количестве твердых атмосферных осадков способствует формированию поверхностного стока талых вод практически на всей площади пашни.

Основой пахотного фонда в Новосибирском Предсалаирье и Кузнецкой котловине являются черноземы выщелоченные среднемощные тучные средне- и тяжелосуглинистого состава (*Luvic Chernozems (Siltic)*) [29, 30], а в Приобье – черноземы обыкновенные среднемощные среднегумусные среднесуглинистые (*Haplic Chernozems (Siltic)*) [19]. О распространении неэродированных и эродированных черноземов в исследованных геоморфологических районах юга Западной Сибири можно судить по материалам табл. 1. Самой большой площадью пашни располагает Предсалаирье. Здесь же больше всего распространено эродированных почв. Каждый пятый гектар пашни в Предсалаирье и Кузнецкой котловине в той или иной степени подвержен эрозионным процессам. Слабое горизонтальное и вертикальное расчленение Новосибирского Приобья положительно сказалось на эрозионной стойкости обыкновенных черноземов. Здесь эродирован лишь каждый 14-й гектар пашни.

Данные по количеству осадков, температуре воздуха, глубине промерзания почв в холодный период гидрологического года были получены из климатических справочников [9, 12, 22] по данным гидрометеостанций Ордынское (Приобье), Тогучин (Предсалаирье) и Кемерово агро (Кузнецкая котловина), сети интернет [21] и собственных наблюдений на ключевых участках.

Натурные наблюдения за распределением снежного покрова и запасами воды в снеге проводили путем сплошных снегомерных съемок по параллельным маршрутам, пересекающим водосбор через каждые 100 м. Такие наблюдения ежегодно проводили в период с 25 марта по 5 апреля, в декаду максимальной мощности снежного покрова. Высоту снега определяли снегомерной рейкой через каждые 5 м, а плотность – с помо-

щью снегомера ВС-1 – через каждые 100 м в двукратной повторности. Запас воды в снеге на водосборах определяли путем перемножения средней арифметической величины плотности снежного покрова на среднюю высоту снега на том или ином элементе водосбора.

Температуру профиля неэродированных и эродированных черноземов в течение 1991–2005 гг. фиксировали с помощью коленчатых термометров Саввинова и вытяжных термометров ТПВ-50 с октября по май по следующим глубинам: 5, 10, 15, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 см.

С 2006 г. температуру почв стали дополнительно фиксировать автономными регистраторами температуры DS-1921G Thermochron. Датчики устанавливали на те же глубины, что и термометры Саввинова и вытяжные и программировали на интервал измерения 4 ч. Температуру воздуха фиксировали датчиком DS-1921G, закрепленным на деревянном шесте на высоте 2 м над поверхностью почвы и затененным от воздействия прямых солнечных лучей с помощью картонного козырька. Динамику изменения температуры поверхности почвы фиксировали с помощью автономного регистратора, установленного непосредственно на поверхность почвы.

Начало, скорость замерзания/оттаивания почв, а также дату полного оттаивания почвенного профиля устанавливали по данным датчиков Thermochron [26, 34].

Для определения содержания влаги в почвах отбирали образцы через каждые 10 см до глубины 1.5 м методом бурения. В лабораторных условиях для определения содержания влаги в образцах использовали термостатно-весовой метод [5]. Влажность почв определяли после формирования устойчивого снежного покрова (третья декада октября–первая декада ноября), в период максимального накопления снежного покрова (третья декада марта), в период снеготаяния (первая–третья декады апреля) и после его завершения (третья декада апреля), в предпосевный период (первая–вторая декады мая).

Мощность снежного покрова, предзимние и ранневесенние запасы влаги в профиле незэродированных (целина и пашня) и эродированных черноземов Кузнецкой котловины, объем поверхностного стока талых вод изучали в течение 1968–1979 гг. [18, 30], а в Приобье – в 1984–1993 гг. [29, 31]. В Новосибирском Предсалаирье с 1980 по 1996 гг. изучали те же выше перечисленные элементы водного режима почв. Это архивные материалы лаборатории эрозии почв Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР, в получении которых принимали участие все сотрудники лаборатории, в том числе и авторы данной работы. В основном большое количество исследовательского материала, полученного в те годы, проанализировано и опубликовано не в полном объеме. Лишь частично они были опубликованы Орловым с соавт. [10, 15–18]. С 1997 г. по настоящее время в Предсалаирье наблюдения за элементами водного режима почв биогео- и агроценоза выполняли авторы настоящей статьи.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируя обширный материал метеорологических наблюдений, Роде [20] отмечал, что количество атмосферных осадков, выпадающих в какой-либо местности, обладает значительной изменчивостью во времени. Вопрос о многолетних колебаниях атмосферных осадков издавна привлекал внимание исследователей [4, 6]. Например, Воейков [7] проанализировал многолетние данные по осадкам г. Барнаул и зафиксировал наличие очень сильных многолетних колебаний количества осадков в 5- и 25-летнем циклах. Баталовым [4] обнаружено чередование маловодных лет почти на всей территории европейской части страны, а также в Западном Казахстане и Западной Сибири. Особенно маловодными им были отмечены 1933–1934, 1942–1943, 1951–1952 и 1962–1963 гг. В XXI в. многолетняя изменчивость атмосферного увлажнения теплого и холодного периодов гидрологического года в европейской части страны изучалась Базыкиной, Бойко [2]. В Западной Сибири целенаправленные исследования по изменчивости атмосферного увлажнения почвоведомы практически не велись. Нашими исследованиями установлено, что количество твердых атмосферных осадков в Кузнецкой котловине (по данным метеостанции Кемерово и собственных наблюдений) в период с 1936 по 2017 гг. сильно варьировало: от 38 мм в 1939–1940 до 222 мм в 2000–2001 гидрологические годы.

Во время анализа многолетней изменчивости атмосферного увлажнения за 80-летний период в Кузнецкой котловине, нами выявлено четыре цикла выпадения осадков холодного периода (табл. 2). Первый цикл, длящийся 25 лет (с 1938

по 1962 гг.), следует диагностировать как мало-снежный, поскольку в среднем за этот период здесь выпало 57 мм осадков, что в 2 раза ниже среднемноголетнего количества (113 мм) на этой территории. Второй цикл (1963–1987 гг.), также длящийся 25 лет, охарактеризован нами как нормально снежный, так как за эти годы количество осадков за холодный период было максимально близко к среднемноголетнему количеству. Третий, многоснежный, цикл выпадения осадков в течение холодного периода гидрологического года (1988–2012 гг.) характеризовался большим количеством осадков в виде снега – 154 мм. Особенно обильные снегопады наблюдались в последние 15 лет этого влажного цикла – в среднем 166 мм. Четвертый цикл атмосферного увлажнения территории Кузнецкой котловины, по нашему мнению, начался с 2013 г. Вероятно, этот цикл следует отнести к очень многоснежному, поскольку за последние 5 лет в среднем ежегодно запасы воды в снеге составляли 186 мм. На территории Новосибирского Предсалаирья и Приобья зафиксировано два, сменяющих один другого, нормально снежных цикла увлажнения (1963–1987 и 1988–2012 гг.). Следующий за ними цикл увлажнения этих территорий предположительно следует диагностировать как очень многоснежный, поскольку запасы воды в снеге в течение 2013–2017 гг. оказались на 154 и 141% соответственно больше, чем в нормально снежный цикл.

Если учесть, что длительность малоснежного, нормально снежного и многоснежного периодов увлажнения территории Кузнецкой котловины составляла по 25 лет, можно полагать, что и длительность очень многоснежного периода должна составлять те же 25 лет. Следовательно, этот очень многоснежный цикл увлажнения территории должен закончиться в 2037 г. Логично предположить, что, начиная с 2038 г., очень многоснежный цикл должен смениться малоснежным.

Для представления общей картины многолетней изменчивости увлажнения и температуры воздуха в холодный период гидрологического года и их влияние на глубину промерзания почв юга-востока Западной Сибири по исследуемым показателям были выведены среднеарифметические данные для трех изучаемых геоморфологических районов: Новосибирского Приобья, Предсалаирья и Кузнецкой котловины (рис. 2). Выборка данных для каждого района была следующей: количество осадков холодного периода с 1936 по 2017 гг. ($n = 81$), температуры воздуха в холодный период с 1955 по 2017 гг. ($n = 62$), глубина промерзания почв с 1950 по 2017 гг. ($n = 68$).

Материалы убедительно свидетельствуют, что в течение последних 80 лет в холодный период гидрологического года наблюдается достоверное увеличение увлажнения территории Кузнецкой

Таблица 2. Многолетняя изменчивость атмосферного увлажнения холодного периода в различных регионах юго-востока Западной Сибири

Характеристика циклов увлажнения	Статистические параметры				
	<i>n</i>	<i>lim</i> , мм	<i>M</i> ± <i>m</i> , мм	δ , мм	<i>V</i> , %
Кузнецкая котловина. Метеостанция Кемерово					
Малоснежный (1938–1962 гг.)	25	33–91	57 ± 3.3	16.5	29
Нормально снежный (1963–1987 гг.)	25	53–158	113 ± 6.5	32.4	29
Многоснежный (1988–2012 гг.)	25	84–222	154 ± 6.7	33.7	22
Очень многоснежный (2013–2017 гг.)	5	150–220	186 ± 11.4	25.5	14
Предсалаирье. Метеостанция Тогучин					
Малоснежный (1938–1962 гг.)	25	61–131	89 ± 3.7	18.7	21
Нормально снежный (1963–1987 гг.)	25	63–171	115 ± 6.0	29.9	26
Нормально снежный (1988–2012 гг.)	25	59–163	120 ± 5.7	28.5	24
Очень многоснежный (2013–2017 гг.)	5	150–210	183 ± 9.2	20.5	11
Приобье. Метеостанция Ордынское					
Малоснежный (1938–1962 гг.)	25	51–138	83 ± 4.9	24.5	29
Нормально снежный (1963–1987 гг.)	25	61–159	109 ± 5.1	25.6	23
Нормально снежный (1988–2012 гг.)	25	63–155	99 ± 9.9	34.1	34
Многоснежный (2013–2017 гг.)	5	117–173	147 ± 11.6	26.0	18

Примечание. *n* – число повторностей; *lim* – пределы колебаний; *M* – среднеарифметическая; *m* – ошибка среднеарифметической; δ – среднеквадратическое отклонение; *V* – коэффициент вариации.

котловины. Мощный снежный покров, с одной стороны, утепляет почвенный профиль, а с другой, большие запасы воды в снеге стимулируют значительный поверхностный сток талых вод и с ними недопустимо большое отчуждение твердой фазы почвы (более 10 т/га). Казалось бы, что осадки, выпадающие в малоснежный цикл увлажнения (33–91 мм) на уже мерзлую почву, промерзшую к началу снеготаяния до глубины 160–200 см не представляют большой опасности для земледельцев, поскольку поверхностный сток талых вод не превышает 25–30 мм, а отчуждение твердой фазы почвы не превышает 3–5 т/га [25]. Предположительно в малоснежный цикл атмосферного увлажнения территории Кузнецкой котловины пахотные почвы, особенно почвы на склонах, не получают достаточного количества атмосферных осадков, что выражается в формировании большого дефицита влаги в профиле черноземов даже ранней весной. В отдельные годы после снеготаяния дефицит почвенной влаги, вероятно, превышал количество выпавших осадков.

В нормальный цикл атмосферного увлажнения запасы воды в снеге колебались в пределах 80–160 мм, почвенный покров промерзал до глубин 60–100 см. Мощность снежного покрова при таком цикле атмосферного увлажнения в 2 раза больше, чем в малоснежный цикл. Поэтому длительность снеготаяния в нормальный цикл увлажнения увеличивается.

Как представляется, запасы воды в снеге (90–222 мм), свойственные многоснежному циклу атмосферного увлажнения, должны компенсировать осенний дефицит почвенной влаги, который наблюдается ранней весной. В такие годы после снеготаяния почвенный профиль иногда полностью насыщается талой водой, что должно приводить к формированию в нем эпизодически промывного водного режима. Невпитавшиеся талые воды мигрируют по поверхности склонов, отчуждая существенное количество твердой фазы почвы, выщелачивая многие элементы питания возделываемых растений.

Наши исследования в Кузнецкой котловине пришлось на нормально снежный цикл увлажнения (табл. 3). Максимальные запасы общей влаги в полуметровой толще (более 400 мм) в предзимье присущи неэродированным черноземам (целина и пашня). В эродированных почвах этих запасов на 25–65 мм меньше. Как и следовало ожидать, максимальные запасы влаги, вне зависимости от степени эродированности черноземов, свойственны верхней части почвенного профиля (слой 0–50 см). Запасы влаги в слоях 50–100 и 100–150 см составляют 70–80% от таковых неэродированных черноземов. Пониженные запасы влаги в верхней части профиля эродированных черноземов объясняются существенными потерями с отчуждаемым твердым стоком талых вод гумуса и илистой фракции, обладающих большой водоудерживающей способностью. Естественно,

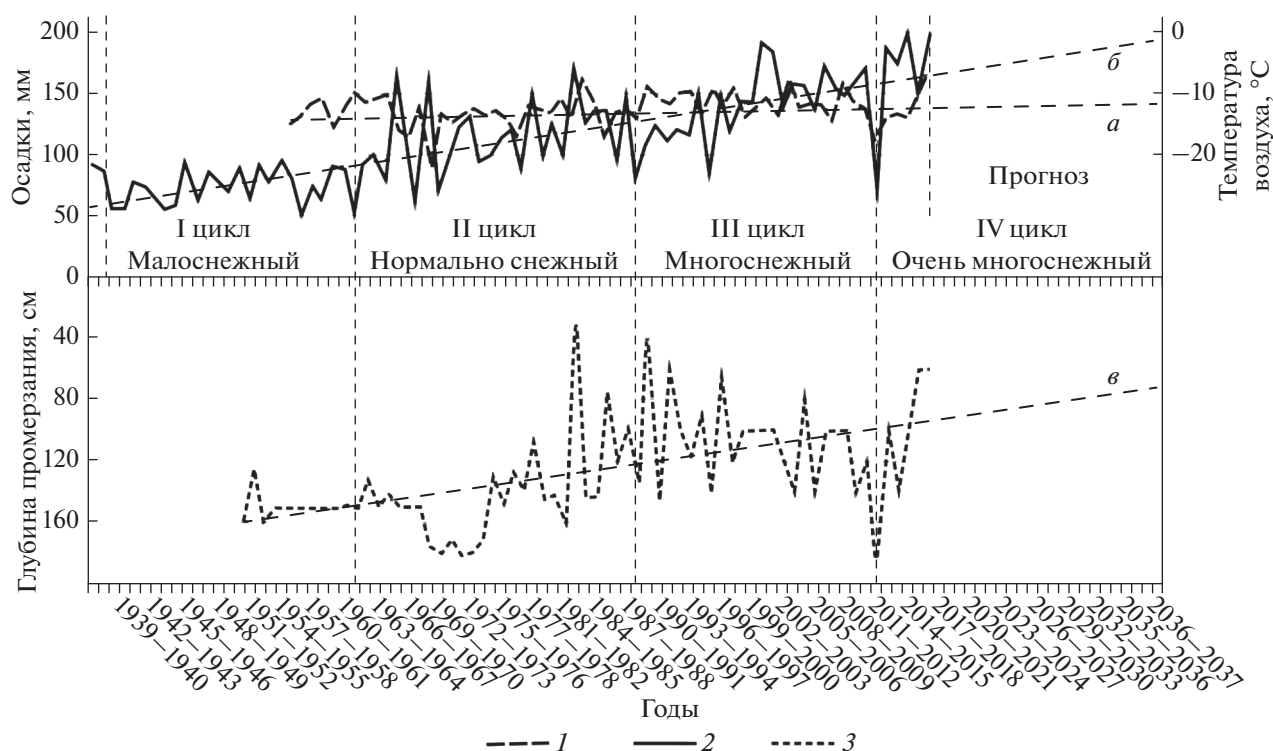


Рис. 2. Многолетние ряды усредненных данных для Приобья, Предсалаирья и Кузнецкой котловины за холодный период: температуры воздуха (1), количество осадков (2) и глубина промерзания почв (3) и линии тренда данных показателей (а, б, в).

самые большие предзимние запасы общей влаги характерны для слабонамытых лугово-черноземных почв, расположенных на шлейфе склона, куда, кроме осенних дождей, боковым внутрипочвенным стоком дополнительно поступает влага из почв склоновых массивов. Намытый слой, мощность которого в здешних условиях варьирует в пределах 40–80 см, как правило, представляет собой сортированные водоустойчивые агрегаты, обогащенные гумусом и тонкодисперсными фракциями, повышающими водоудерживающую способность почв.

Нормально снежный цикл увлажнения территории Новосибирского Предсалаирья в отличие от увлажнения территории Кузнецкой котловины характеризуется повышенными запасами общей влаги в полуторфяной толще незэродированного (целинного) чернозема выщелоченного, но существенно меньшими запасами влаги в слабо- и сильноэродированных почвах (на 129 и 107 мм соответственно). В очень многоснежном цикле увлажнения территории Предсалаирья осенние запасы влаги в слое 0–150 см незэродированных и эродированных черноземов довольно высоки. Они более чем на 20% превышают осенние запасы влаги в профиле аналогичных почв Кузнецкой котловины.

Новосибирское Приобье – это переходная зона от лесостепи к степи. Следовательно, в этой зоне атмосферное увлажнение территории в хо-

лодный период гидрологического года должно быть достоверно меньшим, чем в Кузнецкой котловине и Предсалаирье. Однако материалы табл. 2 свидетельствуют, что в малоснежный цикл увлажнения (1938–1962 гг.) здесь выпало всего лишь 83 мм твердых атмосферных осадков. Это на 6 мм меньше, чем в Предсалаирье, но на 26 мм больше, чем в Кузнецкой котловине. Небольшое горизонтальное и вертикальное расчленение территории Приобья, глубокое и сильное промерзание почвы со сформированным в слое 20–40 см мерзлотным экраном даже при небольшом атмосферном увлажнении стимулирует достаточно высокий поверхностный сток талых вод, снижает поступление этих вод в почвенный профиль [26]. В итоге в пахотных черноземах склона возникает большой дефицит влаги не только ранней весной, но и при севе яровых зерновых культур.

Осенние запасы влаги в черноземах выщелоченных Кузнецкой котловины и Новосибирского Предсалаирья практически не превышали величину наименьшей влагоемкости почв. Следовательно, в изученных геоморфологических районах в различных циклах увлажнения почвы уходили в зиму с резервом водоемкости от 2 до 130 мм (табл. 3). Только в нормально снежный и очень многоснежный циклы увлажнения территории Новосибирского Предсалаирья профиль незэро-

Таблица 3. Осенние запасы влаги и ее дефицит (от НВ) в профиле черноземов различных по увлажнению циклов

Цикл увлажнения	Слой, см	Запасы/дефицит влаги, мм					
		неэродированные		слабоэро- дированные	среднеэро- дированные	сильно- эроиро- ванные	слабо- намытые*
		целина	пашня				
Кузнецкая котловина. Черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые							
Нормально снеж- ный (1968–1979 гг.)		<i>n</i> = 8	<i>n</i> = 9	<i>n</i> = 11	<i>n</i> = 11	<i>n</i> = 9	<i>n</i> = 9
	0–50	165/–42	149/–44	153/1	136/–21	131/–23	165/–5
	50–100	114/–41	122/–32	114/–28	113/–28	106/–44	136/–7
	100–150	122/–22	129/–13	110/–24	124/–11	106/–30	164/18
	0–150	401/–105	400/–89	377/–51	373/–60	343/–97	465/6
Новосибирское Предсалаирье. Черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые							
Нормально снеж- ный (1999–2012 гг.)		<i>n</i> = 10		<i>n</i> = 11		<i>n</i> = 11	
	0–50	187/30	Не опр.	130/–24	Не опр.	144/–1	Не опр.
	50–100	137/1	»	100/–40	»	93/–35	»
	100–150	134/0	»	99/–32	»	114/–7	»
	0–150	458/31	»	329/–96	»	351/–43	»
Очень многоснеж- ный (2013–2017 гг.)		<i>n</i> = 5	<i>n</i> = 5	<i>n</i> = 5		<i>n</i> = 5	
	0–50	217/60	209/49	152/–2	»	158/13	»
	50–100	160/24	142/9	135/–5	»	153/25	»
	100–150	154/20	129/5	153/22	»	152/31	»
	0–150	531/104	480/63	440/15	»	463/69	»
Новосибирское Приобье. Черноземы обыкновенные среднесуглинистые							
Нормально снеж- ный (1984–1987 гг.)		<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 6	<i>n</i> = 14			<i>n</i> = 3
	0–50	135/–14	136/–10	123/–23	Не опр.	Не опр.	203/43
	50–100	96/–24	90/–21	87/–17	»	»	148/33
	100–150	86/–24	94/–13	85/–15	»	»	151/27
	0–150	317/–62	320/–44	295/–55	»	»	502/103
Нормально снеж- ный (1988–1993 гг.)	0–50	118/–31	136/–10	110/–36	96/–43	»	192/32
	50–100	66/–54	90/–21	75/–29	53/–47	»	149/34
	100–150	65/–45	86/–21	77/–23	65/–40	»	122/–3
	0–150	249/–130	312/–52	262/–88	214/–130	»	462/63

* Слабонамытые – полугидроморфная лугово-черноземная почва.
Примечание. *n* – число повторностей.

дированных черноземов (целина и пашня) в предзимье был увлажнен выше величины наименьшей влагоемкости (НВ). Все эродированные почвы Предсалаирья испытывали существенный дефицит влаги. Последний был максимальным в нормально снежный цикл увлажнения (1–96 мм) и практически исчезал в очень многоснежный цикл. В Новосибирском Приобье и Кузнецкой котловине как эродированные, так и неэродированные черноземы в предзимье испытывали острый дефицит влаги. Этот дефицит в полуторфной толще неэродированных и эродированных почв варьировал от 21 до 130 мм. Запасы воды в снеге в Приобье в течение последних 80 лет сильно колебались (от 57 мм в малоснежный цикл

увлажнения до 181 мм – в очень многоснежный). Сопоставив их с предзимними (осенними) запасами влаги, можно сделать вывод, что практически все талые воды, при благоприятных условиях, в период снеготаяния могли быть поглощены профилем пахотных черноземов.

В Кузнецкой котловине в течение нормально снежного цикла увлажнения запасы воды в снеге превышали 110 мм, а в многоснежном цикле – 150 мм. Этого количества запасенной в снеге воды вполне достаточно для насыщения профиля неэродированных и эродированных черноземов не только до величины НВ, но и полной влагоемкости. Нашими исследованиями установлено, что талые воды насыщают лишь верхнюю 50-сан-

Таблица 4. Весенние запасы влаги и ее дефицит (от НВ) в профиле черноземов различных по увлажнению циклов

Цикл увлажнения	Слой, см	Запасы/дефицит влаги, мм					
		степень эродированности, намытости					
		неэродированные		слабоэро- дированные	среднеэро- дированные	сильноэро- дированные	слабо- намытые*
		целина	пашня				
Кузнецкая котловина. Черноземы выщелоченные, тяжелосуглинистые							
Нормально снежный (1968–1979 гг.)	0–50	<i>n</i> = 8 188/–19	<i>n</i> = 9 197/4	<i>n</i> = 11 153/1	<i>n</i> = 11 151/–6	<i>n</i> = 9 137/–17	<i>n</i> = 9 182/12
	50–100	109/–46	138/–16	107/–35	102/–39	106/–44	142/–1
	100–150	117/–26	127/–15	109/–25	108/–27	101/–35	148/2
	0–150	414/–91	462/–27	369/–59	361/–72	344/–96	472/13
Новосибирское Предсалаирье. Черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые							
Нормально снежный (1999–2012 гг.)	0–50	<i>n</i> = 10 214/57	<i>n</i> = 4 189/29	<i>n</i> = 11 166/12	Не опр.	<i>n</i> = 11 176/31	Не опр.
	50–100	158/22	127/–6	102/–38	»	144/16	»
	100–150	146/12	126/2	116/–15	»	141/20	»
	0–150	518/91	442/25	384/–41	»	461/67	»
Очень много- снежный (2013–2017 гг.)	0–50	<i>n</i> = 5 209/52	<i>n</i> = 4 226/66	<i>n</i> = 5 186/32	»	<i>n</i> = 5 193/48	»
	50–100	153/17	129/–4	122/–18	»	155/27	»
	100–150	147/13	127/3	140/9	»	140/19	»
	0–150	509/82	482/65	448/–23	»	488/94	»
Новосибирское Приобье. Черноземы обыкновенные среднесуглинистые							
Нормально снежный (1984–1987 гг.)	0–50	<i>n</i> = 6 148/–1	<i>n</i> = 6 165/19	<i>n</i> = 14 163/17	<i>n</i> = 3 141/2	Не опр.	<i>n</i> = 3 189/29
	50–100	95/–25	100/–11	98/–6	84/–16	»	133/18
	100–150	82/–28	91/–16	88/–12	85/–20	»	138/13
	0–150	325/–54	356/–8	349/–1	310/–34	»	460/60
Нормально снежный (1988–1993 гг.)	0–50	146/–3	132/–14	148/2	142/3	»	193/33
	50–100	66/–54	74/–37	81/–23	78/–22	»	142/27
	100–150	62/–48	76/–31	86/–14	69/–36	»	122/–2
	0–150	272/–105	282/–82	315/–35	289/–55	»	457/58

* Слабонамытая – полугидроморфная лугово-черноземная почва.
Примечание. *n* – число повторностей.

тиметровую часть почвенного профиля (табл. 4). Глубже, в слоях 50–100 и 100–150 см после окончания снеготаяния весенние запасы влаги равны осенним. Такая закономерность свойственна не только неэродированным черноземам Кузнецкой котловины, но и почвам различной степени эродированности Новосибирского Предсалаирья и Приобья. Это свидетельствует того, что сформированный в холодное время гидрологического года льдистый экран даже после окончания снеготаяния препятствует миграции талых вод вглубь почвенного профиля.

Особенно большое накопление талых вод в почвах Предсалаирья наблюдается в очень многоснежный цикл увлажнения. Если в нормально снежный цикл увлажнения (1999–2012 гг.) полутораметровый профиль слабоэродированных почв после снеготаяния вмещал 384 мм общей влаги, то в начале очень многоснежного цикла увлажнения территории Предсалаирья (2013–2017 гг.) – на 100 мм больше. Важно подчеркнуть, что как неэродированные, так и эродированные черноземы в очень многоснежный цикл увлажнения к окончанию снеготаяния накопили

Таблица 5. Сток талых вод по поверхности слабоэродированных черноземов в различные циклы увлажнения

Цикл увлажнения	Годы	Запас воды в снеге			Сток талых вод			$K_{ст}$
		n	lim , мм	$M \pm m$, мм	n	lim , мм	$M \pm m$, мм	
Кузнецкая котловина. Черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые								
Нормально снежный	1968–1979	7	53–160	92 ± 14.7	7	0–96	51 ± 10.2	0.55
Новосибирское Предсалаирье. Черноземы выщелоченный тяжелосуглинистые								
Нормально снежный	1980–1987	7	88–179	135 ± 13.3	7	0–110	49 ± 11.2	0.36
Нормально снежный	1988–2012	24	59–187	141 ± 6.8	24	19–163	72 ± 6.5	0.51
Очень многоснежный	2013–2017	5	150–210	183 ± 10.4	5	80–105	93 ± 4.3	0.51
Новосибирское Приобье. Черноземы обыкновенные среднесуглинистые								
Нормально снежный	1985–1987	14	42–250	112 ± 15.5	14	0–130	48 ± 11.3	0.43
Нормально снежный	1988–1993	6	65–200	121 ± 20.2	6	6–130	69 ± 19.6	0.57

Примечание. n – число стоковых площадок в цикле; lim – пределы колебаний; M – среднеарифметическое; m – ошибка среднеарифметического; $K_{ст}$ – коэффициент стока.

примерно одинаковое количество талых вод (480–509 мм).

Относительно высокие запасы воды в снеге в нормально снежный цикл увлажнения (110 мм) оказались недостаточными для ликвидации существенного дефицита влаги в профиле как неэродированных, так и эродированных черноземов Кузнецкой котловины и Новосибирского Приобья. Большой дефицит весенних запасов влаги (226–207 мм) наблюдался в профиле неэродированных черноземов Кузнецкой котловины. В эродированных черноземах этот дефицит варьировал в пределах 60–90 мм. Вследствие повышенного снегонакопления почвенный профиль слабомытой лугово-черноземной почвы Кузнецкой котловины тальми водами был насыщен до НВ, а в Приобье – до полной влагоемкости.

Большой весенний дефицит влаги в неэродированных и эродированных почвах обусловлен тем, что значительная часть талых вод мигрирует по поверхности склона в гидрографическую сеть. Период снеготаяния в Западной Сибири характеризуется высокой интенсивностью весенних процессов [16]. Под этим подразумевается быстрое нарастание положительных температур воздуха. В отдельные дни воздух прогревается до $+16...+20^{\circ}\text{C}$, а ночью охлаждается до $-10...-15^{\circ}\text{C}$. Резкая смена температуры воздуха в первые дни снеготаяния приводит к тому, что в средней части склона южной экспозиции снег быстро истаивает, поскольку его запасы здесь минимальны. Освободившаяся от снега поверхность почвы здесь оттаивает максимум на 10 см, инфильтрации воды препятствует мерзлотный экран, поэтому оттаившая почва сильно пересыхает влагой. Содержание влаги в талом слое достигает 50% и более. Поскольку талая вода не способна проникнуть через запирающий слой – льдистую прослойку в профиле эродированных почв – она свободно мигри-

рует по поверхности черноземов в гидрографическую сеть.

Величина поверхностного стока талых вод зависит от ряда факторов, одним из главных которых выступают запасы воды в снеге. Существует несколько точек зрения о влиянии запасенной в снеге воды на ее сток. Одни исследователи [13, 24] считают, что коэффициент поверхностного стока талых вод уменьшается с увеличением снегозапасов, поскольку снижается глубина и степень промерзания почвы; другие [3, 31] полагают, что с понижением мощности снежного покрова растет и поверхностный сток талых вод. По мнению третьих [11, 23] не всегда можно вычленить в чистом виде влияние запасенной в снеге воды на поверхностный сток. Вероятно, последняя точка зрения самая правильная, и полученные нами данные являются подтверждением этого тезиса.

Материалы табл. 5 свидетельствуют, что не всегда увеличение атмосферного увлажнения территории сопровождается ростом коэффициента поверхностного стока талых вод. Так, в нормально снежный цикл увлажнения территории Кузнецкой котловины при запасах воды в снеге в 92 мм характеризуется довольно большим коэффициентом стока талых вод. На территории Новосибирского Предсалаирья зафиксировано два сменяющих один другого, цикла атмосферного увлажнения при небольшом различии в запасах воды в снеге. Однако в первом цикле увлажнения (1980–1987 гг.) сток талых вод оказался в 1.5 раза меньше, чем во втором (1988–2012 гг.). Запасы воды в снеге во втором (нормальном) цикле увлажнения территории Предсалаирья превышали снегозапасы первого цикла. В итоге во втором цикле увеличился объем поверхностного стока талых вод и возрос коэффициент поверхностного стока талых вод. В очень многоснежный цикл увлажнения территории Новосибирского Пред-

салаирья существенно увеличился объем стока талых вод (на 21 мм по сравнению со вторым циклом увлажнения территории), но коэффициент стока оставался прежним — 0.51.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что за 80-летний период тренд количества осадков на юго-востоке Западной Сибири направлен в сторону увеличения. Выявлено три полных цикла выпадения осадков холодного периода, которые длились по 25 лет. Они охарактеризованы как малоснежный, нормально снежный и многоснежный циклы. Четвертый цикл начался в 2013 г. и, вероятно, будет длиться до 2037 г. и иметь признаки очень многоснежного, так как в среднем за 2013–2017 гг. запасы воды в снеге в 1.7 раза превышали количество осадков, выпадавших в нормально снежный цикл увлажнения территории юго-востока Западной Сибири (112 мм).

Запасы влаги в полутораметровой толще неэродированных (целина и пашня) черноземов Новосибирского Предсалаирья в нормально снежный цикл увлажнения превышают величину наименьшей влагоемкости, в то время как аналогичные почвы Кузнецкой котловины и Новосибирского Приобья, а также все эродированные почвы уходят в зиму с большим резервом водовместимости, равным или превышающим количество выпавших осадков.

В любые циклы атмосферного увлажнения территории юго-востока Западной Сибири талые воды промачивают лишь верхний (0–50 см) слой как неэродированных, так и эродированных черноземов. Из-за сформированного внутрипочвенного мерзлотного экрана, препятствующего миграции талых вод вглубь почвенного профиля, запасы влаги после окончания снеготаяния в слоях 50–100 и 100–150 см равны осенним запасам.

Увеличение запасов воды в снеге с ростом увлажненности территории приводит к повышению объема поверхностного стока талых вод, но сток талых вод при этом не превышает 50% от запасенной в снеге воды.

Только в очень многоснежный цикл атмосферного увлажнения территории после снеготаяния в профиле неэродированных и эродированных черноземов Новосибирского Предсалаирья формируется бездефицитный водный режим. В нормально снежные циклы атмосферного увлажнения дефицит почвенной влаги варьирует от 8 до 226 мм.

Запасы почвенной влаги в профиле слабонамытой лугово-черноземной почвы в любые циклы атмосферного увлажнения превышают величину наименьшей влагоемкости, то есть после окончания снеготаяния в них формируется эпизодически промывной водный режим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гогмачадзе Г.Д.* Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. 272 с.
2. *Базыкина Г.С., Бойко О.С.* Особенности режима влажности типичных черноземов косимой степи и пашни (Курская область) в условиях аномальной погоды последних десятилетий // Почвоведение. 2010. № 1. С. 58–70.
3. *Басов Г.Ф., Грищенко М.Н.* Гидрологическая роль лесных полос. М.: Гослесбумиздат, 1963. 201 с.
4. *Баталов Ф.З.* Многолетние колебания атмосферных осадков и вычисление норм осадков. Л.: Гидрометеоздат, 1968. 201 с.
5. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М., 1973. Высшая школа, 393 с.
6. *Воейков А.И.* Снежный покров, его влияние на почву, климат и погоду и способы исследования // Зап. Рус. географ. о-ва. М., 1889. Т. 18. 186 с.
7. *Воейков А.И.* Колебания климата и уровня озер Туркестана и Западной Сибири // Избр. соч. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 3. С. 387–412.
8. *Воскресенский С.С.* Геоморфология Сибири. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 362 с.
9. Климатологический справочник СССР. Л.: Гидрометеоздат, 1962. Вып. 20. Ч. 7, 8. 395 с.
10. *Ковалева С.Р.* Эрозионная деформация почвенного покрова. Новосибирск: ВО "Наука". Сибирская издательская фирма, 1992. 160 с.
11. *Кузник И.А.* Агроресомелиоративные мероприятия, весенний сток и эрозия почв. Л.: Гидрометеоздат, 1962. 220 с.
12. Метеорологический ежемесячник. Новосибирск. 1961–1990. Вып. 20. Ч. 2. № 1–12.
13. *Небольсин С.И., Надев П.П.* Экспериментальный поверхностный сток. М.–Л.: Гидрометеоздат, 1937. 64 с.
14. *Никитенко Ф.А.* Лессовые породы Новосибирского Приобья и их инженерно-геологическая характеристика // Тр. ин-та НИИЖТ. 1963. Вып. 34. С. 7–287.
15. *Орлов А.Д.* Водная эрозия почв Новосибирского Приобья. Новосибирск: Наука, 1971. 176 с.
16. *Орлов А.Д.* Эрозия и эрозионноопасные земли Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1983. 208 с.
17. *Орлов А.Д., Реймхе В.В., Ковалева С.Р. и др.* Эрозия и диагностика эродированных почв Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 119 с.
18. *Орлов А.Д., Танащенко А.А.* Эродированные черноземы Кузнецкой котловины и пути их рационального использования // Водная эрозия почв в Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. С. 4–104.
19. *Панфилов В.П., Чащина Н.И., Гофф В.Ф.* Обыкновенные черноземы // Агрофизическая характеристика почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1976. С. 339–341.
20. *Роде А.А.* Многолетняя изменчивость атмосферных осадков и элементов водного баланса почв //

- Вопросы водного режима почв. Л.: Гидрометеиздат, 1978. С. 3–129.
21. Специализированные массивы для климатических исследований. <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>
 22. Справочник по климату СССР. Новосибирск, 1977. Ч. 2. Вып. 20. Кн. 1. 472 с.
 23. Сурмач Г.П. Водная эрозия и борьба с ней. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.
 24. Сухарев И.П. Влияние обработки почвы на сток талых и ливневых вод // Почвоведение. 1955. № 4. С. 48–55.
 25. Танасиенко А.А. Специфика эрозии почвы Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 176 с.
 26. Танасиенко А.А., Чумбаев А.С. Условия формирования льдистого экрана в эродированных черноземах Западной Сибири // Почвоведение. 2010. № 4. С. 450–460.
 27. Файнер Ю.Б. Кузнецкая котловина // История развития рельефа Сибири и Дальнего востока. Алтай-Саянская горная область. М.: Наука, 1969. С. 157–204.
 28. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Черноземы Новосибирской области и пути их рационального использования и охраны // Сиб. экол. журн. 2009. № 2. С. 151–164.
 29. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 348 с.
 30. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы их рационального использования. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 477 с.
 31. Чеботарев Н.П., Харченко С.И. О влиянии зяблевой вспашки на сток // Тр. ГГИ, 1962. Вып. 82. С. 34–49.
 32. Шапорина Н.А., Танасиенко А.А. Проблемы орошения черноземов Приобья. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. 137 с.
 33. Lafren J.M., Moldenhauer W.C. Soil and water losses from corn-soybean rotations // Soil Sci. Am. J. 1979. V. 43. № 6. P. 1213–1216.
 34. Chumbaev A.S., Tanasienko A.A. Measuring snowmelt in Siberia: Causes, Process and Consequences // Novel methods for monitoring and managing land and water resources in Siberia. Springer, 2016. P. 213–231.

Influence of Climatic Humidity of the Southeastern Part of Western Siberia on Spring Deficit of Moisture in the Profiles of Eroded Chernozems

A. A. Tanasienko^a, A. S. Chumbaev^{a,*}, O. P. Yakutina^a, and D. A. Filimonova^a

^a*Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the RAS, Novosibirsk, 630090 Russia*

^{*}*e-mail: chas30@mail.ru*

It is established that noneroded and eroded chernozems in the southeast of Western Siberia are characterized by the great moisture deficit at the beginning of the winter season. By the end of the cold period, water reserves in the snow are sufficient to compensate for this deficit. However, snowmelt saturates only the upper 50 cm of the soil profiles. After the snowmelt season, soil moisture storage in the layers of 50–100 and 100–150 cm is equal to the pre-winter storage; in some years, it even lower. The impermeable ice layer in the soil prevents full absorption of the meltwater. The analysis of 80-year-long data on winter precipitation in three major geomorphic areas of the southeast of Western Siberia (Novosibirsk Ob region, CisSalair region, and Kuznetsk depression) made it possible to distinguish between four climatic cycles—low-snow (1938–1962), normal snow (1963–1988), high-snow (1988–2012), and the current very high-snow (since 2013)—in all these regions.

Keywords: soil moisture storage, atmospheric moistening, surface snowmelt runoff, Luvic Chernozems (Siltic), Haplic Chernozems (Siltic)