

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ  
И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.459.2

УСЛОВИЯ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ  
ПРОЦЕССОВ В ЛЕСОСТЕПИ ПРЕДСАЛАИРЬЯ

© 2013 г. А. А. Танасиенко, А. С. Чумбаев, О. П. Якутина, Г. Ф. Миллер

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, 630099, Новосибирск, ул. Советская, 18*

*e-mail: tanas40@ngs.ru; chas30@mail.ru*

Поступила в редакцию 22.03.2011 г.

В Западной Сибири около 340 тыс. га средне- и сильноэродированных почв, большинство из которых в конце XX в. переведено в залежь. Густая травянистая растительность уменьшает скорость водных потоков, что даже на крутых ( $6^{\circ}$ – $9.5^{\circ}$ ) склонах ведет к аккумуляции продуктов твердого стока талых и ливневых вод и к формированию различной мощности намывного слоя на бывших средне- и сильноэродированных черноземах оподзоленных. Скорость формирования намывного слоя на задернованном крутом склоне достигает 1.1 см/год. Скорость аккумуляции гумуса с продуктами твердого стока на бывших черноземах оподзоленных повышенной категории эродированности на данном склоне контролируется возрастом залежи и ежегодно варьирует от 7–20 т/га.

*Ключевые слова:* эрозия почв, залежь, гранулометрический состав, гумус, намывные почвы.

DOI: 10.7868/S0032180X13110099

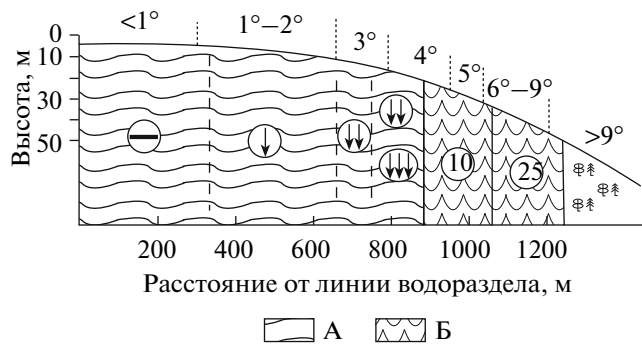
ВВЕДЕНИЕ

Западная Сибирь располагает значительными земельными ресурсами. Среди почти 29 млн га сельскохозяйственных угодий [1] на долю черноземов ориентировочно приходится около 13.4 млн га. Пахотные черноземы распространены на площади немногим более 10 млн га [26], 60% которых занимают преимущественно склоны различной крутизны и экспозиции. История земледелия показывает, что вовлечение склоновых земель в пашню — процесс необратимый и обусловлен ростом народонаселения и необходимостью увеличения производства продуктов питания. Важно отметить, что в период массового подъема целинных и залежных земель (1954–1957 гг.) в Западной Сибири было распахано около 6 млн га [14]. При освоении новых земель здесь распахивались даже склоны крутизной  $8^{\circ}$ – $10^{\circ}$  (5% от площади пашни).

Вследствие значительной вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа сельскохозяйственной зоны Западной Сибири, хорошего увлажнения гумусового горизонта черноземов осенью жидкими атмосферными осадками и снежным неустановившимся покровом, глубокого и сильного промерзания почвенного профиля [30], стимулирующих формирование в этом горизонте льдистого экрана [23], пахотные черноземы в период снеготаяния ежегодно теряют около 10 т/га твердой фазы. В итоге на распахиваемых склонах 1.8 млн га черноземов в той или иной сте-

пени эродировано. Поскольку длительность хозяйственного использования черноземов здесь не превышает 130–140 лет, а в некоторых случаях составляет всего лишь 50 лет, эрозионные процессы привели к формированию в основном слабосмытых почв, распространенных преимущественно в средней части склона. Средне- и сильноэродированные черноземы, расположенные на наиболее крутой части склона, встречаются крайне редко (занимают площадь около 340 тыс. га, или 2.3% от площади пашни) и в конце XX в. были выведены из севооборота. Почвы, выведенные из режима пашни, становятся залежными.

Как известно, процесс почвообразования в нормальных условиях носит непрерывный характер [19]. Вместе с тем, Роде [19] отмечает, что "... в тех же случаях, когда смыв и дефляция достигают значительных размеров, почвообразование прерывается ..." (с. 57). И это справедливо, но как быть в случае аккумуляции продуктов твердого стока на шлейфе или в нижней части склона, где встречаются почвы как подверженные, так и не подверженные антропогенезу? Естественно, в расчлененной лесостепи в результате интенсификации эрозионных процессов, протекающих на распахиваемых склонах, полнопрофильные почвы трансформируются в той или иной степени в эродированные. В конце XX в. сельскохозяйственное использование средне- и сильноэродированных черноземов Западной Сибири было прекращено и массивы с подобными почвами пе-



**Рис. 1.** Профиль склона южной экспозиции: А – пашня, Б – залежь. Обозначения в кружках: – незеродированные, (одна, две, три вертикальные стрелки) – слабо-, средне-, сильноэродированные черноземы; 10 и 25 – возраст залежи в годах. Значками показан парковый лес.

реведены в залежь. На распахиваемых склонах, в верхней и средней их частях, отсутствовал комплекс противоэрозионных мероприятий. Поэтому эрозионные процессы здесь не прекращались и продукты твердого стока с тальми и ливневыми водами поступали на расположенный ниже задернованный крутой массив. Необходимо отметить, что в течение 3–4 лет на переведенных в залежь участках склона буйно развивалась рудеральная растительность, которая затем постепенно замещалась длиннокорневищной пырейной. Следует также отметить, что кроме травянистой растительности на залежном участке поселялась и древесная растительность, в частности сосна. Определяя возраст сосны, с той или иной долей вероятности можно судить о возрасте залежи, что важно для определения скорости формирования намывного слоя на бывших эродированных черноземах. Мутные потоки талых и ливневых вод, сбегавшие с распахиваемого склона на залежный участок, покрытый густой травянистой растительностью, резко уменьшали скорость, что приводило к седиментации твердой фазы почвы. В итоге пашня на склоне теряла почвенный материал, а залежь его приобретала.

Связь между эрозией и отложением материала на отдельных участках склона может быть очень сложной. Тип катены, где эрозия происходит в верхней части склона, а отложение – в нижней, что приводит к отклонению от однородного почвенного покрова, Джерард [8] предлагает называть эрозионной.

В условиях расчлененной лесостепи Западной Сибири изменения свойств почв, выбывших из сельскохозяйственного оборота, практически не изучены. Поэтому цель настоящей работы состояла в определении интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов на задернованном

склоне повышенной крутизны в лесостепи Предсалаирья.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужила территория Предсалаирья, представленная, согласно Орлову [17], денудационно-аккумулятивным типом рельефа, характеризующимся большой глубиной вреза рек и балок (75–100 м) и существенной протяженностью склонов. Этот тип рельефа характерен для территории, занимаемой Новосибирским, Маслянинским, южной частью Тогучинского и северной частью Искитимского административных районов Новосибирской обл. Под пашней здесь находится около 400 тыс. га. Орлов [17] отмечает, что водоразделы на этой территории представлены куполовидными и гребневидными формами и занимают всего лишь 15–25% от общей площади. Склоны преимущественно прямые. Крутизна приводораздельных склонов, согласно А.Д. Орлову, варьирует в пределах  $3^\circ$ – $9^\circ$ , а прибалочных –  $15^\circ$ – $35^\circ$ . Длина линий стока колеблется от 800 до 1200 м. Почвенный покров пашни Предсалаирья представлен в основном черноземами оподзоленными и серыми оподзоленными почвами. Вследствие значительной вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа, больших запасов воды в снеге, пахотные почвы в той или иной степени эродированы.

Исследуемая территория представлена склоном южной экспозиции крутизной от  $0^\circ$  до  $9.5^\circ$ , более 40 лет подвергалась интенсивному техногенному воздействию из недалеко расположенного (15 км) Чернореченского цементного завода. В течение двух гидрологических лет (1979–1981) на этой эрозионной катене изучалось развитие эрозионных процессов, инициируемое тальми и ливневыми водами. В нижней части довольно крутого склона преобладали средне- и сильноэродированные оподзоленные черноземы, отчуждение твердой фазы с которых ежегодно колебалось от 40 до 75 т/га [3].

Что же представляет собой в почвенно-эрозионном плане нынешний склон под пашней? Исследования, проведенные в 2009 и 2010 гг. показали, что незеродированные пахотные черноземы занимают водораздел, а на южном склоне – приводораздельное пространство полосой в 350 м (рис. 1). Водораздельное пространство имеет плоскую форму. Крутизна склона, где встречаются незеродированные почвы с мощностью гумусового слоя (гор. А + А2В) до 63 см, колеблется от  $0^\circ$  до  $1^\circ$ . Разница в высотах между линией водораздела и верхней границей контура слабоэродированных почв составляет почти 5 м. Средняя часть склона (350–700 м), для которой характерен уклон в  $1^\circ$ – $2^\circ$ , представлена пахотными слабоэродированными черноземами оподзоленными,

мощность гумусовых горизонтов которых не превышает 50 см. В полосе 350 м, занимаемой слабоэродированными черноземами, разница в высотах составляет 10.5 м. В нижней части обрабатываемого склона (700–780 м), где его крутизна превышает 3°, распространены черноземы оподзоленные средне- и, фрагментарно, сильноэродированные. Мощность гор. А + А2В в средне-смывтых почвах не превышает 35 см. Поскольку черноземы оподзоленные сильноэродированные не имеют обособленного гумусового горизонта, пахотный слой их представлен смесью гор. А + А2В + В1. Превышение между верхней и нижней границами контура, занимаемого средне- и сильноэродированными черноземами в 80-метровой полосе, достигает 4 м.

В 780 м от линии водораздела склон представлен разновозрастной залежью. Верхняя часть заброшенного склона – относительно зрелая (примерно 10 лет) залежь. Она сформирована на бывших средне- и сильноэродированных черноземах оподзоленных, на которых интенсивно проявлялись и проявляются процессы аккумуляции твердой фазы почвы, поступающей из вышерасположенных участков распаханного склона. В результате аккумуляции почвенного материала мощность бывших эродированных черноземов существенно увеличилась, что привело к формированию смыто-намытых почв. Граница перехода намытого слоя к бывшему пахотному горизонту преимущественно резкая. В намытом гумусовом слое начинает формироваться характерная для целинных черноземов мелкозернистая структура. Исследованиями Люри с соавт. [15] для черноземов европейской части России было зафиксировано, что структурное состояние почв более зрелой (15-летней) залежи приближается к целинному уровню. Исследуемая нами 10-летняя залежь занимает полосу шириной 280 м. Нижней границей данного участка залежи служит так называемый напашный вал высотой около 70 см. Крутизна склона под 10-летней залежью варьирует в пределах 3°–5°.

Ниже участка с относительно зрелой залежью расположена зрелая залежь, возраст которой составляет около 25 лет. Слой аккумулятивной твердой фазы почвы здесь гораздо больше, чем под 10-летней залежью. Сохраняется резкий переход между намытым слоем почвы и бывшим пахотным горизонтом. Структура намытого слоя в смыто-намытой почве идентична структуре целинного чернозема оподзоленного. Крутизна склона, занимаемого зрелой залежью, превышает 9°. Разница в высотах между верхней и нижней границами контура зрелой залежи (в полосе 1070–1170 м) составляет 14.3 м, а между линией водораздела и нижней границей зрелой залежи – 54.5 м.

Заканчивается бывший распаханый склон очень крутым (более 20°) участком, покрытым редколесьем, представленным в основном березой; изредка встречается сосна. Протяженность редколесья – около 400 м. Это так называемый вторичный парковый лес. Береза и сосна развиваются на темно-серых лесных почвах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представление о морфологии и мощности верхних горизонтов профиля неэродированных и эродированных черноземов Предсалаирья дают материалы, собранные в 1986 г. при подготовке “Карты распространения эрозии и дефляции почв СССР: районы Западной Сибири” (табл. 1). Материалы по морфологии почв Новосибирской обл. и содержанию гумуса в них были любезно предоставлены Институтом “Запсибгипрозем”. Согласно этим данным и нашим собственным материалам черноземы оподзоленные неэродированные следует классифицировать как средне-мощные. Важно отметить, что варьирование мощности гумусового и иллювиального горизонтов характеризуется как низкое. По мнению Карпачевского [12], варьирование свойств почв следует считать их особенностью, а характер этого варьирования – одним из диагностических признаков почв.

Соболев [21] и Преснякова [18] полагали, что при определении степени эродированности необходимо сопоставлять профиль смытой почвы с ненарушенным профилем этого же типа в сравнимых условиях. Однако Скородумов [20] придерживался мнения, что почвы на склонах никогда не были и не могли быть такими же, как на плато, а почвообразование на водоразделе протекает не так, как на склонах. Он справедливо сомневался в целесообразности использования в качестве эталона целинной почвы, находящейся в аналогичных условиях, считая, что почвы под травянистой растительностью могут подвергаться намыву с вышележащих распаханых площадей. Именно с таким процессом мы встретились на склоновом массиве сильно расчлененного Предсалаирья в районе с. Морозово.

Если проанализировать мощность гумусово-аккумулятивного гор. А пахотных черноземов оподзоленных Предсалаирья, можно заключить, что практически все несмытые почвы характеризуются небольшой мощностью, равной в среднем 36 см. Совокупная мощность гор. А и А2В, служащая диагностическим признаком при видовом членении черноземов, колеблется от 41 до 63 см.

Слабосмытые варианты черноземов, которые в результате развития эрозионных процессов лишились части гумусового горизонта и совокупная мощность гумусового и переходного горизонтов

**Таблица 1.** Мощность генетических горизонтов черноземов оподзоленных неэродированных и эродированных Предсалаирья

Горизонт	<i>n</i>	Статистические параметры			
		lim, см	$M \pm m$ , см	$\delta$ , см	<i>V</i> , %
Черноземы оподзоленные среднемоштные неэродированные					
A пах	124	20–27	$23 \pm 0.4$	4.4	19
A пах + A п/п	124	27–48	$36 \pm 0.5$	5.6	16
A + A2B	124	41–63	$51 \pm 0.6$	6.6	13
A + A2B + B1	124	56–98	$76 \pm 0.8$	9.0	12
A + A2B + B1 + B2	84	80–113	$97 \pm 0.7$	5.8	6
Черноземы оподзоленные маломощные слабоэродированные					
A пах	62	14–27	$20 \pm 0.3$	2.3	12
A пах + A п/п	62	14–39	$24 \pm 0.3$	2.6	11
A + A2B	62	30–45	$37 \pm 0.5$	3.5	10
A + A2B + B1	62	50–65	$59 \pm 0.5$	4.2	7
Черноземы оподзоленные маломощные среднеэродированные					
A пах (A + A2B)	12	20–27	$23 \pm 0.7$	2.3	10
A + A2B	12	28–36	$31 \pm 1.0$	3.3	10
A + A2B + B1	12	48–58	$53 \pm 1.1$	3.8	7

*n* – объем выборки, lim – диапазон значений, *M* – среднее арифметическое, *m* – ошибка среднего арифметического,  $\delta$  – среднеквадратическое отклонение, *V* – коэффициент вариации.

которых не превышает 40 см, следует диагностировать как маломощные. Важно подчеркнуть, что в слабоэродированных черноземах при их земельном использовании еще вычленяется самостоятельный гумусовый гор. А.

Среднеэродированные черноземы уже не имеют обособленного гумусового гор. А и пахотный слой их представлен смесью гумусового и переходного A2B горизонтов. Поэтому мощность переходного горизонта здесь также оказывается на 7–8 см меньшей, чем в полнопрофильных черноземах.

В сильноэродированных черноземах, также как и в среднеэродированных, пахотный слой состоит из смеси гор. А и A2B, к которым припахивается еще и гор. B1. Поэтому как в средне-, так и в сильноэродированном черноземе наблюдается резкая граница между пахотным и подпахотным слоями, что не свойственно неэродированным и слабоэродированным черноземам оподзоленным. Эта резкая граница между пахотным и подпахотным слоями, так нехарактерная для почв черноземного типа, служит одним из диагностических признаков при определении степени повышенной эродированности почв. Следует также отметить, что сильноэродированные черноземы в Предсалаирья встречаются пока крайне редко. Это объясняется относительной молодостью

здешнего земледелия. При дальнейшем игнорировании комплекса противоэрозионных мероприятий среднеэродированные почвы пашни могут трансформироваться в сильноэродированные, что может произойти в ближайшие 30–50 лет интенсивного использования склоновых черноземов в земледелии.

Оподзоленные черноземы Предсалаирья – это почвы лёссового габитуса с характерным крупнопылеватым гранулометрическим составом и сравнительно небольшой долей ила и мелкой пыли (табл. 2). Обращает на себя внимание довольно низкое содержание частиц физической глины как в гумусовом, так и в иллювиальном горизонтах. Везде содержание этих частиц не превышает 40%, что позволяет отнести данные почвы к среднесуглинистым. Вследствие этого иллювиальный горизонт в данных почвах слабо выражен. В гор. Ск содержание частиц физической глины варьирует в пределах 20–30%, что соответствует легкосуглинистому гранулометрическому составу.

Нашими исследованиями установлено, что при стоке талых и ливневых вод наблюдается избирательный вынос почвенного материала на распаиваемых склонах, контролируемой скоростью водного потока. В начале и в конце стока, когда скорость водного потока минимальна, происходит вынос тонкодисперсных, преимуще-

Таблица 2. Гранулометрический состав неэродированных и эродированных почв (1980 г.)

Горизонт	Глубина, см	Потеря от обработки НС1, %	Количество частиц, %, диаметром, мм						
			1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01
Чернозем оподзоленный неэродированный, целина									
А дер	0–10	1.9	1.4	13.9	47.7	11.7	9.4	14.0	35.1
А	20–30	1.9	1.0	10.8	52.0	7.0	4.0	23.3	34.3
А2В	40–50	1.3	1.2	11.7	49.3	7.1	5.0	24.4	36.5
В1	70–80	1.6	0.9	10.0	50.8	5.8	5.8	25.1	36.7
В2	90–100	2.0	0.7	9.6	49.4	9.5	5.8	23.0	38.3
Ск2	160–170	2.6	0.5	9.1	53.4	8.5	6.5	19.4	34.4
Чернозем оподзоленный неэродированный, пашня									
А пах	0–20	1.9	1.9	14.5	45.2	8.2	11.5	16.8	36.6
А п/п	20–30	1.8	1.8	11.8	47.0	9.5	11.0	17.1	37.6
А	30–40	1.3	1.5	11.2	47.5	7.4	7.4	23.7	38.5
	40–50	1.3	1.4	9.9	48.1	5.9	8.4	25.0	39.3
А2В	50–60	1.2	1.3	7.8	50.6	6.4	7.5	25.2	39.1
В1	60–70	1.5	1.8	12.2	46.0	5.6	8.5	26.4	38.5
	70–80	1.6	1.3	10.5	48.5	5.6	7.5	25.0	38.1
ВСк	120–130	2.0	1.4	14.1	52.6	4.8	5.5	19.6	29.9
Ск1	150–160	1.8	0.6	18.9	53.0	3.8	6.3	15.6	25.5
Ск2	180–190	2.9	0.4	17.2	54.4	6.4	3.5	15.2	25.1
Чернозем оподзоленный слабоэродированный, пашня									
А пах	0–20	2.6	0.7	14.2	47.8	7.8	9.8	17.1	34.7
А п/п	20–30	2.6	0.5	11.5	50.3	6.8	8.0	20.3	35.1
А2В	40–50	2.2	0.8	9.1	47.6	8.5	5.7	26.1	40.3
В1	70–80	2.3	0.6	11.7	47.1	8.3	7.6	22.4	38.3
В2	90–100	2.2	0.6	10.4	51.4	8.3	7.6	19.5	35.4
ВСк	120–130	2.1	Нет	12.9	51.2	8.8	6.3	16.7	33.8
Ск1	150–160	2.7	0.2	11.1	55.4	7.4	2.4	20.9	30.7
Ск2	170–180	3.0	0.3	11.0	56.4	5.3	5.4	18.6	29.3
Чернозем оподзоленный среднеэродированный, пашня									
А пах (А + А2В)	0–20	2.8	0.7	10.2	48.5	8.1	9.5	20.2	37.8
А + А2В п/п	20–30	2.7	0.6	10.2	46.7	9.0	11.6	19.2	39.8
В1	40–50	1.2	0.4	8.6	49.2	7.4	13.2	20.0	40.6
В2	70–80	1.9	0.2	11.6	48.5	8.6	5.5	23.7	37.8
ВСк	90–100	2.0	0.5	11.2	54.9	6.7	5.7	19.0	31.4
Ск1	120–130	2.1	0.3	14.6	53.4	6.0	6.4	17.2	29.6
Ск2	140–150	2.4	0.1	11.7	56.7	7.7	6.2	15.2	29.1
	160–170	2.0	Нет	11.0	58.8	4.9	6.2	17.1	28.2

ственно илистых и мелкопылеватых частиц. При интенсивном поверхностном стоке наблюдается вынос всей почвенной массы из оттаявшего слоя чернозема. О селективном выносе почвенных частиц при развитии эрозионных процессов свидетельствуют также исследования Карпачевского [13], Dangler, El-Swaity [25], Lal [27–28 ], Stavi, Lal [29].

Гранулометрический состав верхней части разновозрастной залежи, представляющей собой намывтый слой (табл. 3), близок к гранулометрическому составу пахотного слоя неэродированных и эродированных черноземов. Это объясняется тем, что намывтый слой формируется практически из гумусового горизонта черноземов склона. Од-

Таблица 3. Гранулометрический состав смыто-намытых черноземов оподзоленных

Горизонт	Глубина образца, см	Потеря от обработки HCl, %	Количество частиц, %, диаметром, мм						
			1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01
Пашня									
Чернозем оподзоленный среднеэродированный (профиль 2, точка 1)									
A пах (A + A2B)	0–20	1.9	1.8	10.3	47.6	8.1	9.9	20.4	38.4
A + A2B + B1	20–30	1.8	2.2	10.2	46.7	8.5	10.9	19.7	39.1
B1	32–42	0.8	2.2	10.3	45.4	8.6	11.6	21.1	41.3
Залежь, 10 лет									
Чернозем оподзоленный смыто-намытый; 80 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 4)									
I*	0–27	0.9	2.5	10.0	40.6	7.0	12.6	24.4	44.0
A + A2B	40–50	0.6	3.5	10.7	47.7	8.5	10.3	18.7	37.5
B1	53–63	0.6	1.8	10.9	46.4	7.9	9.6	22.8	40.3
То же; 120 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 6)									
I	0–15	1.0	1.6	9.4	39.3	9.6	13.6	25.5	48.7
A + A2B	15–35	0.9	2.8	10.8	46.6	6.3	14.4	18.2	38.9
B1	40–50	0.5	3.2	10.4	44.2	6.6	15.1	20.0	41.7
То же; 200 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 10)									
I + A + A2B	0–27	0.9	2.5	10.8	42.3	8.8	12.5	22.2	43.5
B1	30–40	0.5	0.3	18.7	43.1	6.0	9.4	22.0	37.4
Залежь, 25 лет									
Чернозем оподзоленный смыто-намытый; 290 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 13)									
I	0–20	1.3	2.4	8.8	38.9	10.1	12.1	26.4	48.6
	25–35	0.8	1.9	7.6	40.2	9.4	11.4	28.7	49.5
	40–50	1.6	2.7	8.4	37.9	8.7	12.0	28.7	49.4
	50–60	1.1	1.9	8.6	37.0	10.3	11.9	29.2	51.4
A	80–90	1.2	1.5	7.8	50.6	6.4	7.5	25.0	38.9
Чернозем оподзоленный смыто-намытый; 340 м от пашни ниже по склону (профиль 1, точка 14)									
I	0–17	0.6	3.7	9.5	40.2	10.0	11.2	24.8	46.0
	17–27	2.2	2.5	7.9	39.7	10.6	12.8	24.3	47.7
A	40–50	1.4	0.8	8.6	48.4	8.0	8.9	23.9	40.8
A2B	70–80	1.9	0.9	11.0	48.9	4.2	13.2	20.0	37.4

\* Здесь и далее I – горизонт аккумуляции почвенного материала (намытый слой).

нако вследствие селективного выноса тальми и ливневыми водами илистых и мелкопылеватых частиц при развитии эрозионных процессов и их частичной аккумуляции на задернованном склоне гранулометрический состав собственно намытого слоя диагностируется уже как тяжелосуглинистый. В намытом слое на фоне пониженного количества частиц крупной пыли содержание ила существенно больше, чем в пахотном слое неэродированных и эродированных черноземов.

Известно, что почвы среднесуглинистого состава из-за низкого содержания илистой фракции – этого минерального клея – явно водонестойчивы, и обильные талые и дождевые воды на крутых

склонах приводят к большому смыву почвенного материала. Установлено [3], что в 1980 г. только за один июньский ливень слоем 40 мм на склоне крутизной 3°–6° было смыто от 25 до 50 т/га почвенного материала. Весной этого же года на варианте глубокой зяблевой вспашки отчуждение твердой фазы слабосмытых оподзоленных черноземов составляло 12.5, а на среднесмытых – 25 т/га. Следовательно, суммарный смыв почвы в 1980 г. варьировал в пределах 37–75 т/га. Необходимо отметить, что интенсивность смыва твердой фазы со среднеэродированных черноземов Предсалаирья весной 2010 г. очень близка к таковой на аналогичных почвах Тульской обл. [7, 11]. Не случай-

**Таблица 4.** Мощность снежного покрова и запасы воды в нем, Морозово (март 2010 г.)

Элемент ландшафта	Степень эродированности чернозема оподзоленного, угодье	Мощность снежного покрова					Запасы воды в снеге, мм ( $M \pm m$ )
		статистические параметры					
		<i>n</i>	lim, см	$M \pm m$ , см	$\delta$ , см	<i>V</i> , %	
Водораздел	Неэродированный, пашня	22	50–78	$66 \pm 1.6$	7.4	34	$165 \pm 4.0$
Склон южной экспозиции	Слабоэродированный, пашня	15	57–75	$66 \pm 1.1$	4.4	7	$119 \pm 2.7$
	Среднеэродированный, пашня	10	58–68	$63 \pm 1.0$	3.1	5	$113 \pm 1.8$
	Смыто-намытый, залежь 10 лет	9	60–92	$75 \pm 3.2$	9.6	13	$187 \pm 8.0$

**Таблица 5.** Характеристика водороев на распахиваемом склоне южной экспозиции (апрель 2010 г.)

Степень эродированности чернозема	<i>n</i>	Ширина водороев, см		Глубина водороев, см		Площадь водосбора, га	Вынос почвы, кг/га*
		lim	$M \pm m$	lim	$M \pm m$		
Слабоэродированный	10	13–35	$24 \pm 2$	3–26	$11 \pm 2$	6.8	3632
	19	13–58	$26 \pm 3$	5–25	$14 \pm 1$	6.8	10 170
Среднеэродированный	8	16–38	$28 \pm 3$	6–18	$13 \pm 1$	7.8	3733
	18	7–40	$22 \pm 2$	6–23	$12 \pm 1$	7.8	6089

\* Водороевы прямоугольной формы.

но такой громадный смыв почвенного материала в нижней части распахиваемого склона послужил основанием для перевода в основном среднеэродированных черноземов в залежь. В 1985 г. в самой нижней части крутого склона из пашни была выведена полоса шириной 100 м. Однако площади среднесмытых почв на этом крутом склоне продолжали увеличиваться. Примерно в 2000 г. хозяйство вынуждено было перевести в залежь еще полосу шириной в 280 м. Естественно, что отсутствие элементарных противоэрозионных мероприятий, зяблевая отвальная вспашка или плоскорезная обработка, а также посев яровых зерновых культур вдоль длинного склона на среднесуглинистых крупнопылеватых малосвязных почвах не способствовали затуханию эрозионных процессов.

Осенью 2009 г. на исследованном участке была проведена глубокая плоскорезная обработка. Направление обработки – вдоль склона. Запасы воды в снеге на 2 апреля 2010 г., как свидетельствуют материалы табл. 4, превышали 100 мм, а на залежном участке приближались к 200 мм. Судя по запасам воды в снеге, холодный период 2009–2010 гг. в целом можно охарактеризовать как многоснежный.

Очень длинный и относительно крутой, особенно в нижней части, склон, обработанный

плоскорезом, к тому же вдоль него, при довольно дружной весне привел к чрезвычайно активному отчуждению твердой фазы чернозема оподзоленного. Потерю почвы определяли по Дрюченко [9] – методом водороев. Характеристика водороев приведена в табл. 5. Необходимо отметить, что весь склон испещрен промоинами, глубина которых варьировала от 3 до 26 см при средней величине 12 см. Ширина же этих промоин была значительно большей – в среднем 26 см. В 100-метровой полосе количество промоин варьировало от 8 до 19 шт. Такое сильное поражение водороевами прямого длинного и относительно крутого склона ( $3^\circ$ – $6^\circ$ ) привело к существенному отчуждению твердой фазы чернозема оподзоленного. На массиве слабоэродированных черноземов потери почвы весной 2010 г. колебались в пределах 4–10 т/га. Согласно многолетним исследованиям [31], в Предсалаирье в многоснежные гидрологические годы со слабоэродированных черноземов в среднем смывается до 16 т/га. Среднеэродированные черноземы характеризовались несколько меньшими потерями почвенного материала. Это может быть объяснено тем, что часть твердой фазы чернозема переотлагалась на поверхности среднесмытых почв, ибо там был ярко выраженный небольшой шлейф, где скорость водного потока существенно замедлялась. Не случайно в 100-метровой полосе, где распространены сред-

**Таблица 6.** Мощность профиля намытых (бывших среднеэродированных) черноземов оподзоленных на разновозрастной залежи

Степень эродированности, возраст залежи, лет	Горизонт	Статистические параметры				
		<i>n</i>	lim, см	$M \pm m$ , см	$\delta$ , см	<i>V</i> , %
Среднеэродированный	A + A2B	12	28–36	31 ± 1.0	3.3	11
10	I + A + A2B	20	36–55	42 ± 2.0	9.0	21
25	I + A + A2B	10	38–115	56 ± 7.5	23.6	42

неэродированные почвы, водоройн оказалось меньше, чем в полосе со слабоэродированными черноземами.

Суммарные потери почвы на длинном и крутом склоне южной экспозиции весной 2010 г. колебались от 7.5 до 16.2 т/га. Если учесть, что примерно половина промоин имела треугольную форму, потери почвы данным склоном при снеготаянии оказались меньше: 6–12 т/га. Согласно Заславскому [10] степень смыва характеризовалась от средней до сильной.

В неразрывном единстве с эрозионными процессами как на распахиваемых, так и на нераспахиваемых участках склона проявляются и аккумуляционные процессы. Частичная аккумуляция в руслах эрозионной борозды начинается в момент ее формирования [16]. При этом выделяется три зоны переотложения наносов. Первая – собственно пашня. В ее пределах интенсивная аккумуляция наблюдается в местах уменьшения уклона склона, ниже слияния временных ручейков, перед естественными и искусственными преградами. В среднем внутри водосборов, как отмечает Голосов [6], отлагается до 20% материала, выносившего со склонов при талом стоке.

Вторая зона аккумуляции – ниже кромки полей. Здесь наносы переотлагаются ввиду расплывания потока на выходе с поля и увеличения шероховатости подстилающей поверхности. Образование конуса выноса идет путем его расширения и удаления от внешнего края пашни. В этой зоне в зависимости от темпов смыва задерживается 10–75% наносов. Аккумулируются в первую очередь влекомые наносы, доля которых увеличивается с ростом шероховатости. Оставшиеся наносы переносятся потоком на задернованные участки склонов (третья зона). В этой зоне характер отложений зависит от мутности и водности потока.

Следует отметить, что практически весь мигрирующий по слабо- и среднеэродированным черноземам пахотной части склона почвенный материал поступает на поверхность залежи. На разновозрастной залежи нами в 2009 и 2010 гг. выполнено почвенное картографирование этого участка. Было исследовано 5 эрозионных катен (согласно Джерарду). На 10- и 25-летней залежи

площадью 10.5 га (со сторонами 420 × 250 м) заложено 30 разрезов. Важно отметить, что во всех 30 разрезах смыто-намытых черноземов оподзоленных гумусово-аккумулятивный горизонт имел резкую границу перехода не только по цвету, но и по плотности. Все темноокрашенные слои смыто-намытых почв достоверно превышали мощность собственно среднеэродированных почв. В итоге аккумуляции мигрирующего из распахиваемого склона почвенного материала мощность профиля бывших среднеэродированных черноземов под 10-летней залежью увеличилась на 11 см, а под 25-летней – на 25 см (табл. 6).

Располагая сведениями о мощности намытого слоя черноземов оподзоленных в течение различного временного отрезка можно рассчитать ежегодную скорость его прироста. Совокупная мощность гумусового A и переходного A2B горизонтов в среднеэродированных черноземах равна 31 см. Вследствие аккумуляции зрелой залежью в течение 25 лет твердой фазы почвы, поступающей из трансэлювиальной позиции агроландшафта, мощность профиля намытой почвы увеличилась на 25 см. Следовательно, скорость формирования намытого слоя на задернованном склоне, представленном ранее черноземами оподзоленными среднеэродированными, составляла 1.0 см/год. Ранее Бельгибаевым и Долгилевичем [4] было отмечено, что скорость почвообразования в естественных условиях приближается к 0.2 мм/год. Однако исследованиями Голосова и Лисецкого [5] установлено, что для лесостепных черноземов европейской части России скорость почвообразования оценивается примерно в 0.04 мм/год. Если принять за основу последние данные, скорость формирования намытых почв (1 см/год) в сильно расчлененной лесостепи Предсалаирья во много раз больше скорости почвообразования в нормальных условиях.

На относительно зрелой (10-летней) залежи мощность гумусового горизонта бывшего чернозема оподзоленного среднеэродированного увеличилась на 11 см. В течение небольшого временного отрезка скорость формирования намытого слоя практически не изменилась (1.1 см/год).

Длительное воздействие смыва и припашки нижних слоев почвы способствовали тому, что со-



держание и запасы гумуса в пахотном слое и во всем профиле неуклонно уменьшались. Эродированные черноземы отличаются от полнопрофильных почв резким уменьшением количества гумуса с глубиной. Наиболее существенное уменьшение содержания гумуса наблюдается в пахотном слое. Оно тем заметнее, чем сильнее эродирована почва. Различия в гумусированности эродированных и неэродированных черноземов весьма убедительны и математически достоверны [22]. Если среднесуглинистые полнопрофильные черноземы оподзоленные Предсалаирья следует диагностировать еще как среднегумусные, то уже слабоэродированные — как малогумусные. Среднеэродированные черноземы в результате потери большей части гумусового горизонта (20–30 см) в настоящее время преобразуются в низкогумусные. Гумусовый профиль среднеэродированных черноземов, согласно представлениям Александровой [2], может быть охарактеризован как аккумулятивный неполноразвитый.

В условиях активного проявления эрозионных процессов разрушение и потеря гумуса преобладают над гумусообразованием. Разрушительная деятельность эрозионных процессов проявляется, прежде всего, в уменьшении мощности гумусового слоя почвы и запаса гумуса в черноземах склоновых поверхностей.

Особенно резко эти запасы уменьшаются в почвах с небольшой мощностью гумусового горизонта [24], к которым следует отнести изученные почвы. В профиле почв эрозионной катены сокращение общего запаса гумуса непосредственно связано с изменением его количества в пахотном и, отчасти, 50-сантиметровом слоях. Так, в пахотном (0–20 см) слое неэродированного чернозема данной катены запасы гумуса составляют 170 т/га, в то время как слабоэродированного — всего лишь 138 т/га, а в среднеэродированном — 110 т/га. Естественно, в полуметровом слое неэродированного чернозема, представленного в основном гумусово-аккумулятивным горизонтом, запасы этого вещества при среднесуглинистом гранулометрическом составе достигают значительных величин — 345 т/га. Полуметровый слой слабоэродированной почвы состоит из собственно гумусового гор. А, переходного гор. А2В и, частично, иллювиального гор. В1. Как известно, содержание гумуса в последнем гораздо меньше, чем в гумусово-аккумулятивном. Поэтому запасы гумуса в полуметровой толще слабоэродированного чернозема уменьшаются до 280 т/га. В среднеэродированном черноземе уже в пахотный слой примешивается переходный гор. А2В, а полуметровая толща представлена не только гумусово-аккумулятивным и переходным горизонтами, но и практически полностью горизонтом В1. Поэтому запасы гумуса в слое 0–50 см среднеэродированного чернозема, занимающего нижнюю довольно



Рис. 2. Запасы гумуса в генетических горизонтах разновозрастной залежи. 1 — А пах; 2 — I (намытый); 3 — А или А + А2В; 4 — А2В.

крутую часть длинного распахиваемого склона, минимальны по сравнению с неэродированной и слабоэродированной почвами, и составляют всего лишь 185 т/га или почти в 2 раза меньше по сравнению с почвой плакора.

Ежегодное существенное отчуждение твердой фазы из черноземов склоновых поверхностей и последующая аккумуляция этого материала на задернованном склоне разновозрастной залежи привели не только к увеличению мощности бывших средне- и сильноэродированных почв, но и к увеличению содержания в них гумуса (табл. 7). Поскольку гранулометрический состав исследуемых почв среднесуглинистый, причем на долю ила в пахотном слое приходится 14–17% от общего содержания фракций, значительная часть ила во взвешенном состоянии мигрирует за пределы как обрабатываемого, так и задернованного склона. Поэтому отложенные на поверхности разновозрастной залежи твердые продукты стока содержат столько же гумуса, сколько его содержится в твердой фазе пахотного слоя, либо несколько меньше. Как на 25-летней залежи, которая сформировалась на довольно крутом склоне ( $>9^\circ$ ), так и на 10-летней залежи содержание гумуса в намытом слое примерно одинаково (6–7%). Однако разница в мощности намытого слоя привела к существенным различиям в запасах гумуса в разновозрастной залежи. Согласно рис. 2, максимальные запасы гумуса свойственны, как и следовало ожидать, на участке с 25-летней залежью.

Накопление гумуса в намытом слое зрелой залежи в среднем ежегодно достигало 16 т/га. С увеличением площади залежи и уменьшением ее возраста отчуждаемой из пахотного слоя склонового чернозема твердой фазы оказалось мало, чтобы покрыть равномерно задернованный участок. Поэтому на 10-летней залежи аккумуляция гумуса в намытом слое в зависимости от удаления от края пашни варьирует в пределах 6.8–17.4 т/га ежегодно, что существенно меньше, чем в зрелой 25-летней залежи.

Таблица 7. Физико-химические свойства черноземов оподзоленных среднесмыто-слабонамытых

Горизонт	Глубина, см	рН водный	Гумус, %	Обменные катионы, смоль(экв)/кг			
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Пашня							
Чернозем оподзоленный среднеэродированный (профиль 2, точка 1)							
A + A2B + B1	0–32	7.00	5.1	16.9	1.5	0.4	0.4
B1	32–42	7.07	1.2	18.3	1.8	0.2	0.3
Залежь, 10 лет							
Чернозем оподзоленный смыто-намытый; 80 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 4)							
I	0–27	7.00	5.9	19.3	2.2	0.3	0.4
A + A2B	30–40	7.09	4.9	25.5	3.9	0.4	0.4
	40–50	7.06	2.9	24.8	2.3	0.3	0.2
B1	53–63	7.24	1.6	13.6	1.8	0.3	0.4
То же; 120 м от пашни ниже по склону (профиль 2 точка 6)							
I	0–15	7.00	6.8	23.3	3.8	0.3	0.2
A + A2B	15–35	7.23	5.4	21.6	3.1	0.4	0.4
B1	40–50	7.17	1.0	13.6	1.9	0.4	0.4
То же; 160 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 8)							
I	0–10	7.04	6.3	20.4	3.3	0.4	0.4
I + A + A2B	10–35	7.09	5.2	26.9	3.8	0.3	0.2
A2B + B1	35–45	7.13	1.7	12.8	1.8	0.3	0.2
То же; 200 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 10)							
I + A + A2B	0–27	6.87	5.7	19.3	2.6	0.3	0.4
B1	30–40	6.69	1.6	11.1	1.9	0.3	0.3
Залежь, 25 лет							
Чернозем оподзоленный смыто-намытый; 290 м от пашни ниже по склону (профиль 2, точка 13)							
I	0–20	6.80	7.5	16.1	1.9	0.3	0.1
	25–35	6.95	7.7	24.8	4.0	0.5	0.4
	40–50	7.30	7.9	30.4	4.3	0.3	0.1
	50–60	7.40	5.1	25.2	3.8	0.4	0.3
A	80–90	7.48	2.4	14.7	2.1	0.3	0.2
То же; 340 м от пашни ниже по склону (профиль 1, точка 14)							
I	0–17	7.04	5.7	23.8	3.7	0.4	0.3
	17–27	6.85	5.4	20.0	2.8	0.5	0.4
A	40–50	6.95	4.9	14.7	2.1	0.3	0.2
A2B	70–80	7.00	2.1	11.7	1.8	0.3	0.2

## ВЫВОДЫ

1. Вследствие очень большого ежегодного отчуждения твердой фазы почвы потоками талых и ливневых вод (25–75 т/га), характерного для средне- и сильноэродированных черноземов пахотных склонов, землепользователи вынуждены перевести эти почвы в залежь.

2. Почвы под залежью в течение небольшого временного отрезка покрываются длиннокорневичной пырейной растительностью. Густая травянистая растительность уменьшает скорость водных потоков, что даже на крутых склонах (6°–9.5°) ведет к аккумуляции продуктов твердого стока талых и ливневых вод и формированию раз-

личной мощности намытого слоя на бывших средне- и сильноэродированных черноземах оподзоленных.

3. В результате аккумуляции продуктов твердого стока задернованной (10- и 25-летней) залежью скорость формирования намытого слоя на среднеэродированных черноземах оподзоленных в пределах сильно расчлененной лесостепи Предсалаирья была практически одинаковой (1.0–1.1 см/год соответственно).

4. Аккумуляция гумуса в намытом слое смыто-намытых почв контролируется удаленностью от края пашни. Чем дальше от края пашни расположен бывший среднеэродированный чернозем оподзоленный, тем меньше мощность намытого слоя и запасы гумуса в нем. Чем старше залежь, тем больше скорость накопления гумуса в намытом слое почвы. Под 25-летней залежью запасы гумуса ежегодно возрастали на 18 т/га или были в 1.5 раза больше по сравнению с менее зрелой, 10-летней, залежью.

5. Вследствие очень сильного расчленения территории Предсалаирья намытые почвы следует отнести к автоморфному склоново-делювиальному типу почвообразования. В пределах слабо- и среднерасчлененных равнин Западной Сибири намытые почвы формируются на полугидроморфных лугово-черноземных почвах.

6. Из-за постоянного привноса продуктов твердого стока талых и ливневых вод из обрабатываемой пашни на поверхность задернованной залежи использовать подобную залежь в качестве эталона неэродированной почвы не представляется возможным.

7. При отсутствии простейших противоэрозионных агротехнических приемов в сильно расчлененной лесостепи Предсалаирья твердая фаза почвы, выносимая потоками талых и ливневых вод, мигрирует по поверхности распаханного склона и аккумулируется на его задернованной поверхности. При этом заиление рек и водоемов существенно уменьшается.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агропромышленный комплекс России в 2005 году. М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2006. 560 с.
2. Александрова Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1980. 288 с.
3. Бахнов В.К., Гамзиков Г.П., Ильин В.Б. и др. Методологические и методические аспекты почвоведения. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. С. 106–116.
4. Бельгибаев М.Е., Долгилевич М.И. О предельно допустимой величине эрозии почв // Тр. ВНИАЛМИ. Волгоград, 1970. Вып. 1 (161). С. 239–258.
5. Голусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. М.: ГЕОС, 2009. 210 с.
6. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы и баланс наносов р. Протвы // Вестн. МГУ. Сер. 5, география. 1988. № 6. С. 19–25.
7. Голосов В.Н., Геннадиев А.Н., Олсон К.Р., Маркелов М.В., Жидкин А.П., Чеднев Ю.Г., Ковач Р.Г. Пространственно-временные особенности развития почвенно-эрозионных процессов в лесостепной зоне Восточно-Европейской равнины // Почвоведение. 2011. № 7. С. 861–869.
8. Джерард А.Дж. Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфолого-почвенное исследование. Пер. с англ. Л.: Недра, Ленингр. отд-ние, 1984. 208 с.
9. Дрюченко М.М. Роль леса в борьбе с эрозией и дефляцией в проблеме Большого Днепра // Борьба с эрозией почв в СССР. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1938. С. 217–250.
10. Заславский М.Н. Эрозия почв. М.: Мысль, 1979. 255 с.
11. Иванова Н.Н., Голосов В.Н., Маркелов М.В. Сравнение методов оценки интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов на обрабатываемых почвах // Почвоведение, 2000. № 7. С. 876–887.
12. Карпачевский Л.О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 312 с.
13. Карпачевский Л.О. Проблемы эрозии почв при снеготаянии // Почвоведение. 2003. № 7. С. 244–245.
14. Ковалев В.Н. Введение // Вопросы освоения целинных и залежных земель Западной Сибири: Тр. Биол. ин-та. Новосибирск: Кн. изд-во, 1957. Вып. 3. С. 3–10.
15. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваяева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
16. Маккавеев Н.И. Руслы реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
17. Орлов А.Д. Водная эрозия почв Новосибирского Приобья. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1971. 176 с.
18. Преснякова Г.А. О классификации смытых почв // Почвоведение. 1956. № 10. С. 69–90.
19. Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв // Генезис почв и современные процессы почвообразования. М.: Наука, 1984. С. 56–136.
20. Скородумов А.С. Эрозия почв и борьба с ней. Киев: Изд-во АН УССР, 1955. 148 с.
21. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 1. 305 с.
22. Танащенко А.А. Противоэрозионная стойкость черноземов Западной Сибири // Почвоведение. 2002. № 11. С. 1380–1389.
23. Танащенко А.А., Чумбаев А.С. Условия формирования льдистого экрана в эродированных чернозе-

- мах Западной Сибири // Почвоведение. 2010. № 4. С. 450–460.
24. Черемисинов Г.А. Агрохимическая характеристика эродированных почв // Агрохимия. 1972. № 8. С. 136–149.
25. Dangler E.W., El-Swaity S.A. Erosion of selected Hawaii soils by simulated rainfall // J. Soil Sci. Amer. 1976. V. 40. № 5. P. 769–773.
26. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Chernozem soils of Novosibirsk Oblast: problems of their rational use and preservation // Contemporary Problems of Ecology // 2009. V. 5. № 5. P. 529–539.
27. Lal R. Soil erosion on Ultisol in Western Nigeria. IY. Nutrient element in runoff and eroded sediment // Geoderma. 1976. V. 16. № 5. P. 403–417.
28. Lal R. Soil erosion and carbon dynamics // Soil & Tillage Research. 2005. V. 81. P. 137–142.
29. Stavi I., Lal R. Variability of soil physical quality and erodibility in a watereroded cropland // Catena. 2011. № 84. P. 148–155.
30. Tanasienko A.A., Yakutina O.P., Chumbaev A.S. Snowmelt runoff parameters and geochemical migration of elements in the dissected forest-steppe of West Siberia // Catena. 2009. № 78. P. 122–128.
31. Tanasienko A.A., Yakutina O.P., Chumbaev A.S. Effect of amount on runoff, soil loss and suspended during periods of snowmelt in southern West Siberia // Catena. 2011. № 87. P. 45–51.