



ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ СКЛОНА, СТРУКТУРА И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

© 2018 О.П. Якутина, Т.В. Нечаева, Н.В. Смирнова

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

Цель исследования: Охарактеризовать плодородие черноземов оподзоленного и выщелоченного, темно-серой лесной и лугово-черноземной почвы в условиях эрозионно опасных склонов на юге Западной Сибири, оценить структуру урожая яровой пшеницы и качество зерна.

Место и время проведения. Исследование проведено на почвах трех экспериментальных участков, расположенных на склонах Буготакского мелкосопочника, геоморфологически относящегося к Предсалаирской дренированной равнине (Предсалаирью) на юго-востоке Западной Сибири, в административном отношении – к правобережной части Новосибирской области (НСО). Участок 1 находился в Искитимском районе НСО на склоне южной экспозиции с уклоном от 0 до 6° и представлен черноземом оподзоленным различной степени смытости. В Тогучинском районе НСО были расположены: участок 2 на склоне юго-восточной экспозиции с уклоном от 0 до 6,5° с черноземом выщелоченным несмытым и слабосмытым, а также лугово-черноземной намытой почвой; участок 3 на склоне северо-западной экспозиции с уклоном от 0 до 4,5° с темно-серой лесной несмытой, слабо- и среднесмытой почвой. Выращиваемая культура – яровая мягкая пшеница сорта Новосибирская 29 (участок 1; 2010 и 2014 гг.) и сорта Памяти Вавенкова (участки 2, 3; 2011 г.).

Методология. Почвенные образцы отбирали в двукратной повторности из разрезов, заложенных на участках согласно степени смытости почв; растительные образцы – рамкой 50×50 см в четырехкратной повторности.

Основные результаты. Содержание и запасы органического углерода, гумуса, общего азота снижались с усилением степени смытости чернозема оподзоленного и выщелоченного, темно-серой лесной почвы. Максимальные значения данных параметров установлены в намытой лугово-черноземной почве. Обеспеченность пшеницы нитратным азотом была низкой; легкоподвижным фосфором – варьировала в пределах от среднего до высокого; обменным калием – от низкого до повышенного уровня. В условиях экстенсивного землепользования и при ограниченных влагозапасах урожаи пшеницы на несмытом черноземе оподзоленном южной экспозиции склона (участок 1) варьировал от 5 до 20 ц/га, на смытых почвах – оставался на уровне несмытой почвы или даже имел тенденцию к увеличению на слабо- и среднесмытых вариантах. Максимальные значения урожая пшеницы получены на намытой почве – 33 ц/га. Между несмытым черноземом выщелоченным и смыто-намытыми почвами юго-восточной экспозиции склона (участок 2) существенных различий в урожае пшеницы не установлено (34-41 ц/га). На несмытой темно-серой лесной почве северо-западной экспозиции склона (участок 3) урожай пшеницы составил 43 ц, на слабо- и среднесмытых вариантах – снизился до 11 ц/га. Масса 1000 зерен пшеницы на почвах всех участков относилась к группе с высокой массой (>30 г). Содержание азота в зерне и соломе пшеницы было низким; калия – ниже среднего; фосфора – в зерне оптимальным, в соломе варьировало от высоких до низких величин. Содержание сырого протеина в зерне было очень низким (5-8%), доля массы зерна в общей массе пшеницы изменялась от 35 до 48%.

Заключение. Питательный режим эродированных почв складывается под влиянием трансформации профиля ранее ненарушенных почв в результате воздействия эрозионных процессов различной интенсивности и антропогенных факторов. Параметры потенциального и актуального плодородия чернозема выщелоченного и темно-серой лесной почвы тяжелосуглинистого гранулометрического состава выше, чем чернозема оподзоленного среднесуглинистого. Продуктивность яровой пшеницы зависит от увлажненности года, типовой принадлежности и степени смытости почв, экспозиции склона.

Ключевые слова: чернозем оподзоленный; чернозем выщелоченный; темно-серая лесная почва; лугово-черноземная почва; эродированные почвы; Новосибирская область; продуктивность пшеницы; масса 1000 зерен; сырой протеин; азот, фосфор, калий в зерне и соломе.

Цитирование: Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Плодородие почв склона, структура и качество урожая яровой пшеницы на юге Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. № 1(3). С. 126 – 142.

ВВЕДЕНИЕ

Эрозия – один из наиболее масштабных и опасных видов прогрессирующей деградации почвенного покрова (Strauss, Klafhofer, 2001; Kiryukhina, Patsukevich, 2004; Buschiazzo, Zobeck, 2008; Савич в соавт., 2015). Около 65% земель во всем мире подвержено водно-эрозионным процессам, 28% – дефляции (Webb et al., 2006). В составе сельскохозяйственных угодий Российской Федерации эрозионные и дефлированные почвы занимают 50726,9 млн га, или 28,5% от обследованной площади, особенно они распространены в Центральном, Приволжском и Сибирском федеральных округах (Безуглов в соавт., 2008).

Эрозия, разрушая верхний плодородный гумусовый слой, приводит к образованию почв различной степени эродированности, где отмечаются не только потери мелкозема, органического углерода и питательных веществ, но и перераспределение их по элементам рельефа, что в конечном итоге приводит к значительному снижению плодородия почв, продуктивности и качества сельскохозяйственных культур (Черемисинов, 1972; Каштанов, Явтушенко, 1997; Жилко в соавт., 1999; Сухановский в соавт., 2011; Якутина в соавт., 2011; Савельева, 2016; Pimentel, 2006; Papiernik et al., 2009; Yakutina et al., 2015; Gopp et al., 2017; Zhijia Gu et al., 2018). Переотложение мелкозема с формированием смыто-намытых комплексов почв и конусов выноса на поверхности пашни также способствует усложнению почвенного покрова и усилению его фрагментарности (Танасиенко, 2003; Басевич, Макаров, 2011; Губина, 2014; Gabbasova et al., 2016). Поэтому весьма актуальны исследования, связанные с изучением почв на эрозионно опасных склонах.

Снижение уровня химизации сельского хозяйства на фоне утраты почвозащитных технологий в регионах с большим количеством сельскохозяйственных земель, расположенных на склонах, приводит не только к недобору урожая, но также к снижению качества продукции. В среднем урожайность сельскохозяйственных культур снижается на слабосмытых почвах на 10-20% по сравнению с ненарушенными почвами, на средне- и сильносмытых – на 30-40 и 50-60% соответственно (Безуглов в соавт., 2008). В Ростовской области потери зерна озимой пшеницы в севооборотах на эрозионно опасных склонах составили 0,15-0,37 т/га (Гаевая в соавт., 2012). За 11-летний период средняя урожайность озимой пшеницы в Центрально-Черноземной зоне без применения удобрений на плакоре и склоне 1-3° составила 42 и 37,2 ц/га соответственно, в условиях склона с уклоном 3-5° – 33,3 ц/га (Смирнова в соавт., 2014). Яровая мягкая пшеница, выращиваемая на склоновых землях, в 1,3-1,7 раза чаще поражалась корневыми гнилями, а ее урожайность была на 6,4-38% ниже, чем на плакорных участках (Абдулвалеев, Троц, 2015). В Курской области установлено снижение биологической продуктивности твердых и мягких сортов пшеницы на северных склонах в сравнении с южными (Долгополова, 2015). При этом такие параметры как длина колоса, количество зерен в колосе, масса одного колоса и масса 1000 зерен варьировали по годам, но в целом имели тенденцию к снижению в следующем ряду: водораздел → южный склон → северный склон.

В структуре посевных площадей Сибири основная доля (около 70%) принадлежит зерновым культурам, среди которых преобладает яровая пшеница – 75-80% (Гамзиков, Носов, 2010). В современных условиях и на ближайшую перспективу яровая пшеница является и останется доминирующей сельскохозяйственной культурой сибирского земледелия. Неравноценность агрохимических свойств и агроэкологических условий почв водоразделов и склонов различной полярности обуславливают неодинаковую урожайность культур. Так, в Восточной Сибири наиболее благоприятные условия для выращивания яровой пшеницы складываются на плато, южных и восточных склонах (Едимеичев, Шпедт, 2016). На юге Западной Сибири основную массу урожая зерновых культур дают черноземы и серые лесные почвы. Наилучшие показатели структуры урожая пшеницы в условиях Предсалаирья отмечены на несмытых почвах водораздела (Якутина в соавт., 2017). С усилением степени смытости почв они ухудшались, причем наиболее существенно на северо-западной экспозиции склона. Однако в опыте на черноземе выщелоченном Алтайского края (Жежер, 1983) выявлена более высокая продуктивность яровой пшеницы на северном склоне (18,4 ц/га) по сравнению с южным (14,5 ц/га), в то время как на водораздельных участках, прилегающих к северному и южному склонам, она составила 21,5 и 17,0 ц/га.

Цель данной работы – охарактеризовать плодородие чернозема оподзоленного и выщелоченного, темно-серой лесной и лугово-черноземной почвы в условиях эрозионно опасного склона на юге Западной Сибири, оценить структуру урожая яровой пшеницы и качество зерна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено на территории Буготакского мелкосопочника, геоморфологически относящегося к Предсалаирской дренированной равнине (Предсалаирью) в юго-восточной части Западной Сибири, в административном отношении – к правобережной части Новосибирской области (НСО). На данной территории самыми крутыми являются склоны южной ориентации, в то время как пологие холодные склоны (северные) меньше подвержены эрозионным процессам. В целом Предсалаирье характеризуется как потенциально очень сильно опасная в эрозионном отношении территория НСО (Хмелев, Танасиенко, 2009).

На территории исследования было выделено три экспериментальных участка (рис. 1):

Участок 1 расположен в Искитимском районе НСО на склоне южной экспозиции с уклоном от 0 до 6°. Почва – чернозем оподзоленный среднесуглинистый различной степени смытости (Luvic Greyzemic Chernozems).

Участок 2 расположен в Тогучинском районе НСО на склоне юго-восточной экспозиции с уклоном от 0 до 6,5°. Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый несмытый и слабосмытый (Haplic Chernozems), а также лугово-черноземная тяжелосуглинистая намытая (Greyzemic Colluvic Regocols).

Участок 3 расположен в Тогучинском районе НСО на склоне северо-западной экспозиции с уклоном от 0 до 4,5°. Почва – темно-серая лесная тяжелосуглинистая несмытая, слабо- и среднесмытая (Luvic Greyzemic Phaeozems).

Диагностику почв проводили согласно классификации почв СССР (1977) и по WRB (2014). Почвенные образцы отбирали в двукратной повторности из разрезов, заложенных на участках согласно степени смытости почв; растительные образцы – рамкой 50×50 см в четырехкратной повторности. В годы проведения исследования выращивалась яровая мягкая пшеница сорта Новосибирская 29 (участок 1) и сорта Памяти Вавенкова (участки 2, 3).

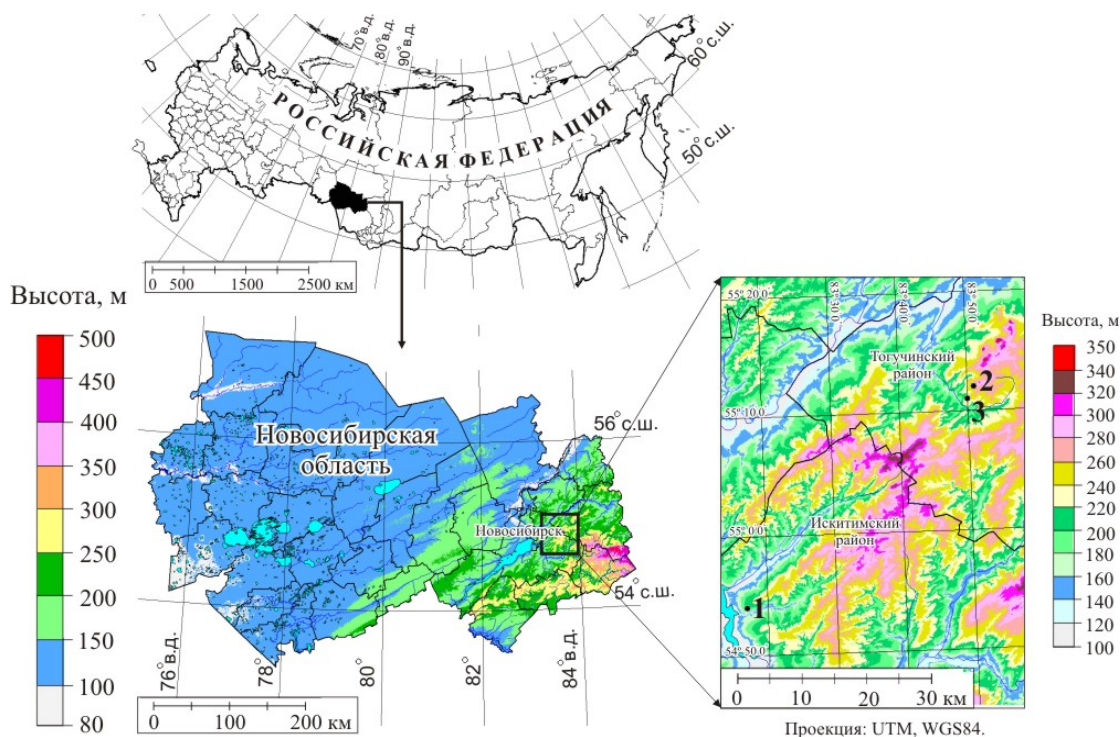


Рисунок 1. Карта территории исследования с выделением экспериментальных участков (1-3)

Если рассматривать изученные участки в виде эрозионной катены, где эрозия происходит в верхней и средней частях склона, а отложение – в нижней (Джерард, 1984), то несмытые почвы

приурочены к верхней части склона. Далее, вниз по склону на транзитной позиции расположены слабо-, средне- и сильноосмытые почвы. Намытые почвы занимают аккумулятивную позицию катены в подножии склона.

Почвенные образцы проанализированы на содержание органического углерода ($C_{орг.}$) с пересчетом на гумус методом мокрого озоления образцов в серно-хромовой смеси по Тюрину; общего азота ($N_{общ.}$) – мокрым озолением по Кьельдалю с восстановителем-катализатором Кудеярова; нитратного азота ($N-NO_3$) и легкоподвижного фосфора (P_2O_5) – по Карпинскому-Замятиной (экстрагент 0,015M K_2SO_4); обменного калия (K_2O) – по Масловой (экстрагент 1M CH_3COONH_4); pH водной суспензии ($pH_{вод.}$) – потенциометрическим методом (Агрохимические..., 1975; Практикум по агрохимии, 2001). Содержание NPK в зерне и соломе пшеницы определено методом мокрого озоления растительных образцов в смеси серной и хлорной кислот (Гинзбург в соавт., 1963). Количество сырого протеина в зерне пшеницы рассчитано умножением показателей содержания азота на коэффициент 5,83 (Филиппов, Тужикова, 2012). Все расчеты в почвенных и растительных образцах приведены на воздушно-сухое вещество.

Статистическая обработка данных проведена в пакетах Microsoft Office Excel 2007 и SNEDECOR V. 5.80 (Сорокин, 2012). Анализ различия факторных средних выполнен методом дисперсионного анализа на уровне значимости $\alpha = 0,05$. В таблицах и рисунках приведены среднее значение и стандартное отклонение изученных параметров ($M \pm s$).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Агрохимический анализ почв (табл. 1) показал, что участки 2, 3 отличались более высоким уровнем плодородия в сравнении с участком 1. Независимо от расположения почв на склоне чернозем оподзоленный характеризовался нейтральной реакцией среды, чернозем выщелоченный – близкой к нейтральной. Темно-серая лесная почва также имела близкую к нейтральной реакцию среды на несмытом и слабосмытом вариантах, слабокислую – на среднесмытом. Подобная закономерность подкисления почв от верхней части склона к нижней характерна и для серых лесных почв Центрального Черноземья (Дубовик Е., Дубовик Д., 2013). Необходимо отметить, что удобрения на исследованных участках не вносились в течение длительного времени (более 15 лет), питательный режим почв сложился здесь под влиянием эрозионных процессов и выращивания яровой пшеницы как монокультуры.

Таблица 1

Агрохимические показатели почв (слой 0-20 см) участков исследования

Почва	$pH_{вод.}$	$C_{орг.}$	$N_{общ.}$	$N-NO_3$	P_2O_5	K_2O
		%		мг/кг		
Участок №1: чернозем оподзоленный, склон южной экспозиции						
Несмытая	7,03	2,84	0,21	3,42	0,48	138
Слабосмытая	6,78	2,91	0,23	2,91	0,85	145
Среднесмытая	6,89	2,51	0,17	2,71	0,94	148
Сильносмытая	7,16	1,83	0,17	2,84	0,36	142
Намытая	7,06	2,07	0,23	2,06	0,69	142
Участок №2: чернозем выщелоченный, склон юго-восточной экспозиции						
Несмытая	5,75	4,77	0,35	6,38	н.д.	208
Слабосмытая	5,91	3,01	0,23	8,83	0,81	538
Намытая*	5,54	12,0	0,60	7,84	1,46	545
Участок №3: темно-серая лесная почва, склон северо-западной экспозиции						
Несмытая	5,78	3,48	0,22	5,79	1,25	263
Слабосмытая	5,64	2,51	0,16	5,24	0,32	141
Среднесмытая	5,18	2,18	0,15	4,64	0,53	154

Примечание: * – лугово-черноземная почва; н.д. – нет данных.

В пахотных почвах Сибири содержание гумуса в значительной степени зависит от типа почвы и варьирует в широком диапазоне, низким считается содержание менее 4,0%, высоким – более 8,1% (Гамзиков, Носов, 2010). Среднее содержание общего азота в пахотном слое черноземов и серых лесных почв составляет порядка 0,44 и 0,29% (Агрохимические свойства почв..., 1989). Наши исследования показали, что среди несмытых почв трех участков наилучшей обеспеченностью гумусом и общим азотом характеризовались чернозем выщелоченный и темно-серая лесная почва. С усилением

степени смытости почв их содержание снижалось, максимальные величины были получены в намытой лугово-черноземной почве (табл. 1).

Обеспеченность пшеницы нитратным азотом на изученных участках была низкой и очень низкой (Агрохимические свойства почв..., 1989; Гамзиков, Носов, 2010), легкоподвижным фосфором – варьировала в пределах от среднего до высокого (Почвенно-агрохимические..., 1989). Обеспеченность культур обменным калием по грациям Агрохимслужбы России (Сычев, 2000) варьировала от среднего на участке 1 до очень высокого на участках 2, 3 (табл. 1). Однако по региональным грациям (Якименко, 2003; Якименко, Нечаева, 2016), содержание обменного калия находилось в пределах от неустойчивого до повышенного уровня в почвах склона на участке 2 и в несмытой почве на участке 3; в остальных случаях было низким.

Результаты ранее проведенных нами исследований на территории Предсалаирья (Нечаева в соавт., 2017) указывают на снижение вниз по склону и в ложбине стока по сравнению с вершиной водораздела содержания в пахотном горизонте почв гумуса, общего и нитратного азота, валового фосфора. В распределении подвижных форм фосфора по элементам рельефа отмечено более высокое их содержание в почвах склона и ложбины стока. Содержание валового калия в почвах вниз по склону снижалось, а подвижных форм элемента, наоборот, увеличивалось. Подобные результаты также были получены в условиях Московской области, где выявлена устойчивая тенденция к повышению содержания подвижного фосфора в средней и нижней частях склона по сравнению с верхней, а также повышение содержания обменного калия в почвах вниз по склону крутизной как 8°, так и 4° (Савоськина, 2011). Со временем это обуславливает неоднородность свойств пахотного горизонта почв склонового агроландшафта, что подчеркивается и в других исследованиях (Басевич, Макаров, 2011; Дубовик Е., Дубовик Д., 2012; Гопп в соавт., 2014).

Запасы гумуса в слое 0-50 см почв на изученных участках зависели от экспозиции склона и снижались в следующем ряду: чернозем выщелоченный → темно-серая лесная → чернозем оподзоленный (рис. 2-3). Запасы общего азота в черноземе оподзоленном на участке 1 также были несколько ниже, чем в почвах на участках 2, 3. С усилением степени смытости почв запасы гумуса и азота снижались и наиболее существенно в средне- и сильносмытых вариантах. Так, например, на участке 1 в слабо-, средне- и сильносмытых почвах запасы гумуса снизились на 17, 23, 63% в сравнении с несмытой почвой; запасы общего азота – на 16, 29, 39% соответственно. Намытые почвы на участках 1, 2 характеризовались более высокими запасами гумуса и общего азота в сравнении с почвами, расположенными выше по склону.

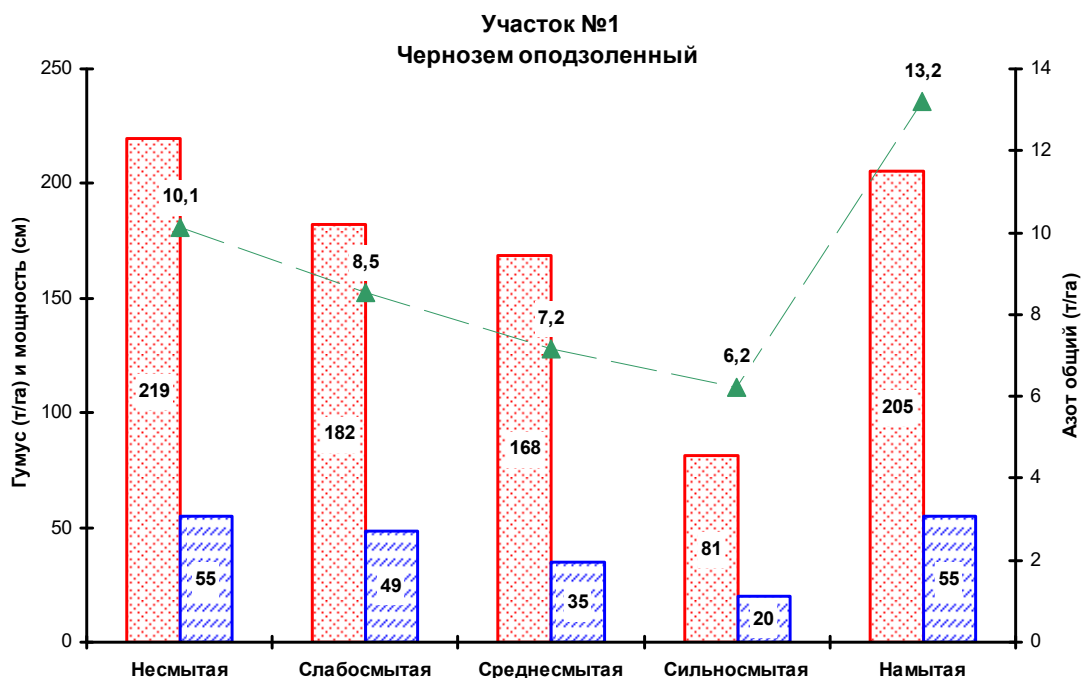


Рисунок 2. Запасы гумуса и общего азота в слое 0-50 см, мощность гумусового горизонта почв южной экспозиции склона.

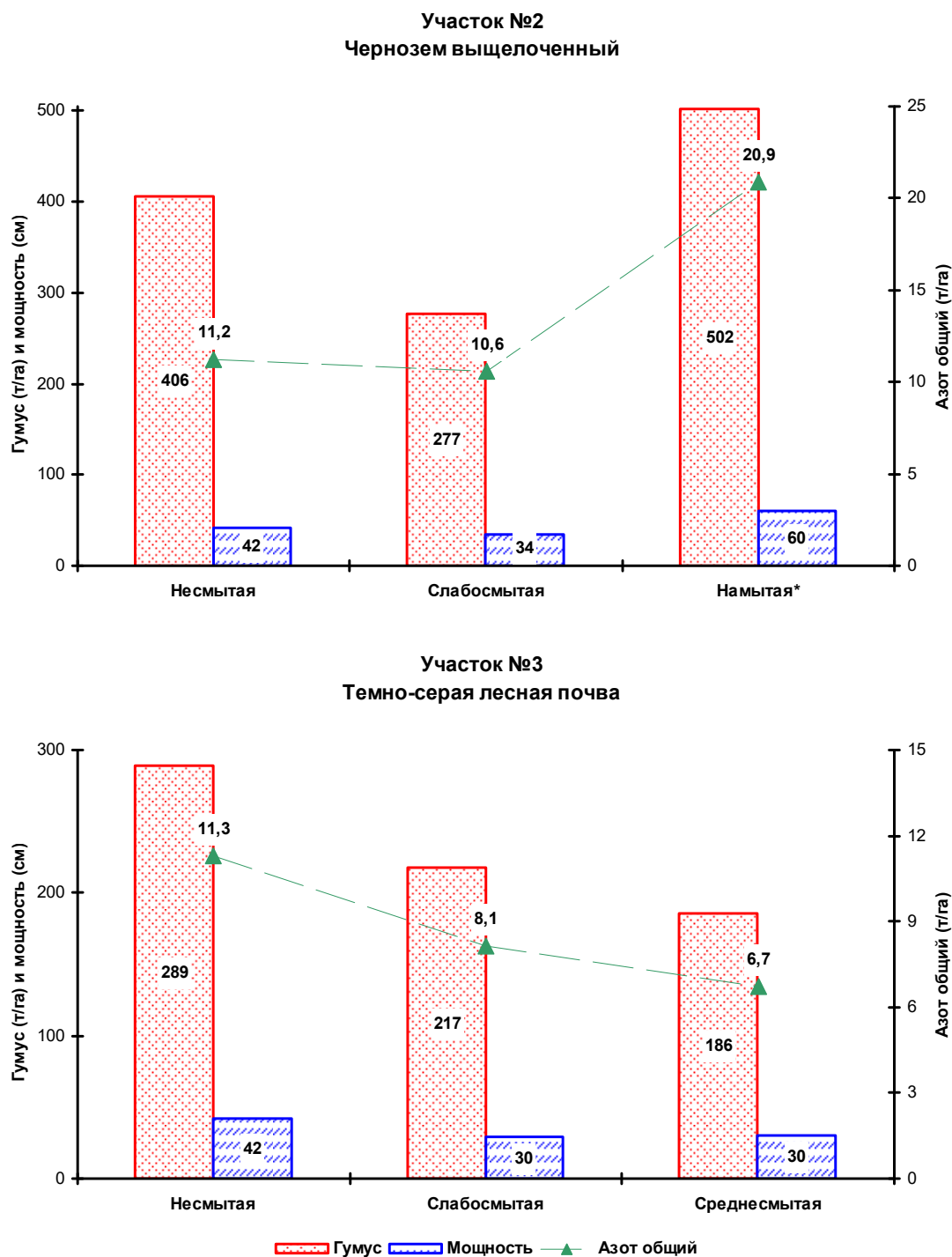


Рисунок 3. Запасы гумуса и общего азота в слое 0-50 см, мощность гумусового горизонта почв юго-восточной (Участок №2) и северо-западной (Участок №3) экспозиций склона.

* – лугово-черноземная почва.

По мощности гумусового горизонта несмытые почвы трех участков в верхней части склона характеризовались как среднеспособные; смытые варианты на транзитной позиции эрозионной катены переходили в маломощные; намытые почвы, занимающие аккумулятивную позицию в подножии склона – в среднеспособные и мощные (рис. 2-3).

Таким образом, полученные нами результаты подтверждают литературные данные и свидетельствуют о том, что в почвах склона под влиянием эрозии в первую очередь и в весьма значительных количествах снижаются содержание и запасы органического вещества и азота (Явтушенко, Макаров, 1996; Жилко в соавт., 1999; Танасиенко в соавт., 2016; Polyakov, Lal, 2004).

На продуктивность, показатели структуры и качества урожая зерновых культур оказывают влияние множество факторов, среди которых особо следует выделить гидротермические условия вегетационного сезона и связанные с ним особенности водного, питательного и температурного режимов почв. Известно (Скородумов, 1973; Мусохранов, 1983), что влагообеспеченность эродированных почв обычно недостаточна для формирования оптимального урожая культур. В условиях Западной Сибири, согласно исследованиям А.А. Танасиенко (1992), снижение запасов продуктивной влаги в 1,5-метровой толще черноземной эрозионной катены происходит в следующей последовательности почв: намытая > несмытая > средне- > слабо- > сильносмытая. Суммарные непродуцированные потери влаги (поверхностный сток, физическое испарение) достигают 180 мм в несмытой почве; 200, 130 и 70 мм – в слабо-, средне- и сильносмытых вариантах соответственно. В целом, из-за ухудшения водного режима и значительных потерь илистой фракции, наиболее сильно негативные последствия эрозионных процессов проявляются на сильносмытых почвах, где наблюдается резкое снижение урожайности выращиваемых культур. В тоже время намытые почвы, расположенные на аккумулятивной позиции, выгодно отличаются по урожайности зерновых культур в засушливые или неустойчивые по увлажнению годы, когда почвы на вышележащих позициях склона испытывают недостаток продуктивной влаги.

По данным ГМС «Огурцово» (Расписание погоды. Электронный ресурс: <http://rp5.ru>), участок 1 Искитимского района в 2010 году исследования характеризовался неблагоприятными гидротермическими условиями. Недобор положительных температур в мае и июле сочетался с недостатком осадков в течение всех летних месяцев и сентября. В 2014 году, несмотря на нестабильность погодных условий, когда сухая и жаркая погода резко менялась на холодную и дождливую, весеннего запаса влаги хватило для формирования более высокого урожая пшеницы. Так, на черноземе оподзоленном в 2014 г. по сравнению с 2010 г. масса зерна на несмытом варианте увеличилась в 3,8 раза, на слабо- и среднесмытых – в 2,2 раза, на сильносмытом – в 5,7 раза (рис. 4). При сравнении данных одного года исследования, параметры структуры урожая пшеницы на различных позициях склона изменялись по-разному. В 2010 году показатели общей массы пшеницы и массы зерна увеличивались в ряду несмытая → слабо- → среднесмытая, с резким снижением на сильносмытой почве. В 2014 году существенных различий по урожаю зерна между несмытым черноземом оподзоленным (20 ц/га) и смытыми вариантами (16-21 ц/га) не выявлено, максимальные значения установлены на намытой почве (33 ц/га).

Климатические условия 2011 года характеризовались невысоким, но равномерным распределением увлажнения. Тяжелосуглинистые почвы участков 2, 3 в целом обладали более благоприятным гидротермическим режимом в сравнении со среднесуглинистыми почвами участка 1, что сыграло положительную роль в формировании величины урожая. Ранее в исследованиях А.А. Танасиенко (1992) было показано, что расход влаги из почвенного запаса за теплый период в несмытом черноземе оподзоленном на 35 мм выше, чем в выщелоченном. Слабо- и среднесмытые варианты чернозема выщелоченного аккумулируют влагу теплого периода, в то время как эти же варианты чернозема оподзоленного – расходуют ее даже в больших количествах, чем несмытые, что связано с более легким гранулометрическим составом.

По нашим данным урожай зерна яровой пшеницы на участках 2, 3 был достаточно высоким с максимальными значениями на несмытых почвах (40-43 ц/га). На почвах юго-восточной экспозиции склона существенных различий в параметрах структуры урожая пшеницы не выявлено, хотя наблюдалась тенденция к снижению этих показателей на слабосмытой почве (рис. 5). На северо-западной экспозиции склона масса зерна на слабо- и среднесмытых вариантах была ниже в 3,8 раза в сравнении с несмытой почвой. Однако, в выровненных условиях влагообеспеченности модельного опыта (Якутина, Назарюк, 2007) были получены высокие урожаи зерновых культур на среднесмытых вариантах чернозема выщелоченного и темно-серой лесной почвы. Видимо в нативных условиях склона решающую роль в формировании урожая культур играют запасы продуктивной влаги в почвах на разных позициях эрозионной катены.

Если сравнивать полученные нами результаты на почвах склона с литературными данными, то в лесостепи Западной Сибири средняя урожайность яровой пшеницы на плакорных участках с преобладанием безотвальных (в основном мелких) обработок почв и низким объемом применения минеральных удобрений и средств защиты растений за 2000-2013 гг. составила 15,0 ц/га, в НСО – 14,7 ц/га (Власенко в соавт., 2014). В лесостепи Алтайского Приобья урожайность пшеницы в среднем за 2001-2015 гг. составила на экстенсивном фоне после пара и в бессменных посевах 18,9

и 9,9 ц/га соответственно, и возрастала на фоне удобрений и пестицидов до 30,4 и 17,8 ц/га (Усенко, Усенко, 2016).

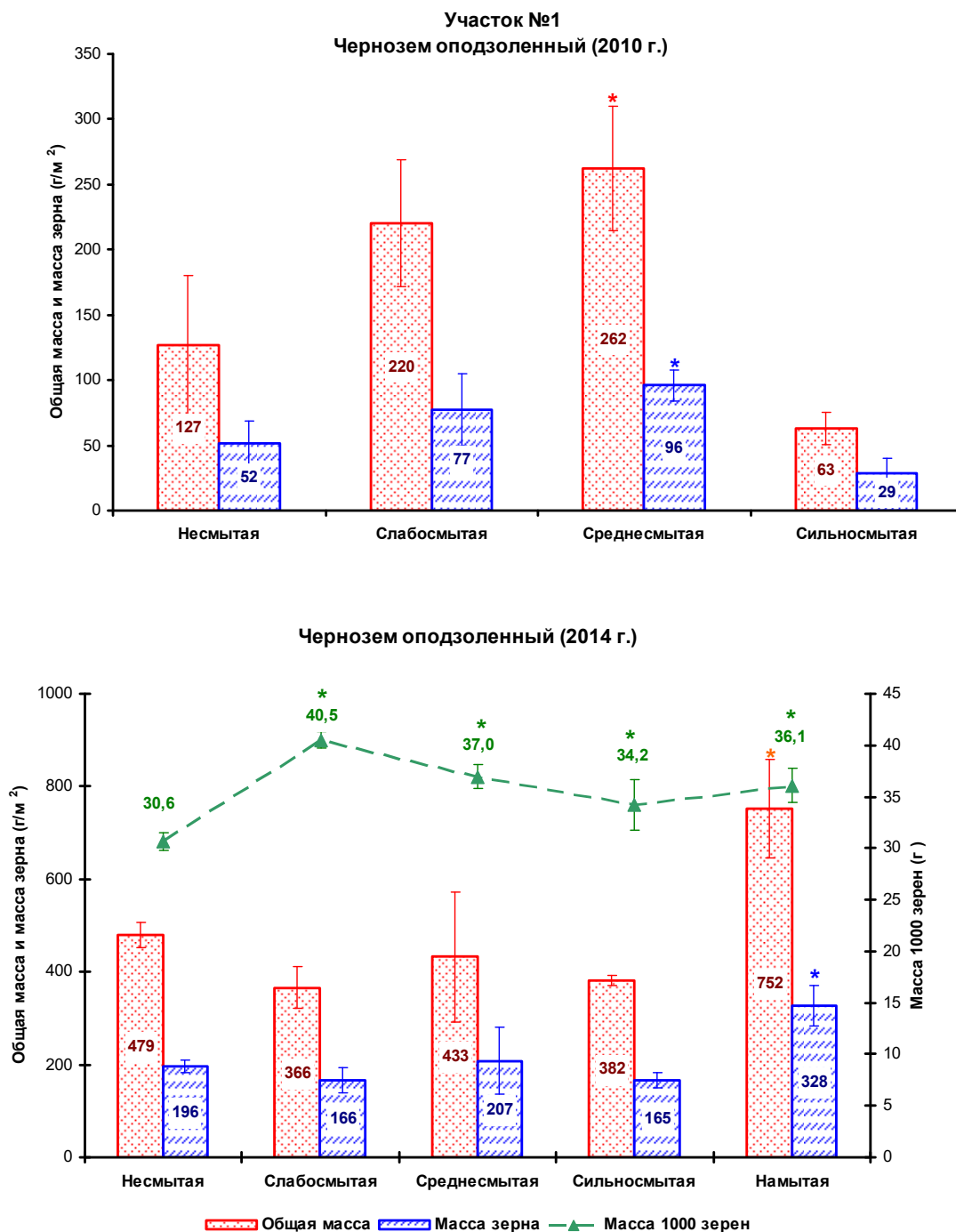


Рисунок 4. Структура урожая яровой пшеницы на почвах южной экспозиции склона.

* – показатели, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от таковых на несмытой почве

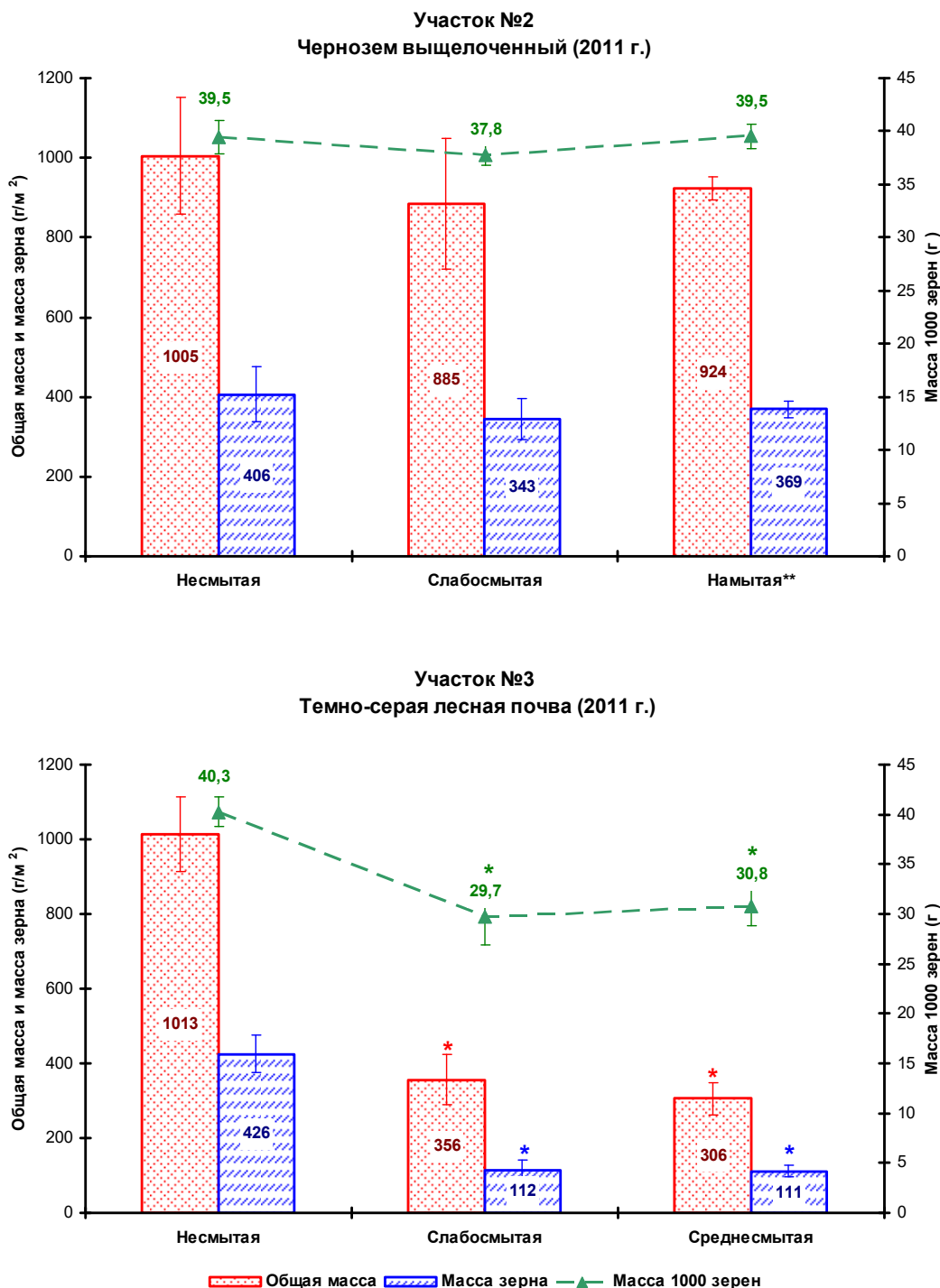


Рисунок 5. Структура урожая яровой пшеницы на почвах юго-восточной (Участок №2) и северо-западной (Участок №3) экспозиции склона

* – показатели, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от таковых на несмытой почве; ** – лугово-черноземная почва

Масса 1000 зерен является показателем, определяющим всхожесть и жизнеспособность семян. Пшеница на почвах трех участков относилась к группе с высокой массой 1000 зерен (рис. 4-5). На черноземе оподзоленном (участок 1) данный показатель был существенно выше на смыто-намытых вариантах в сравнении с несмытым. На участке 3 максимальные значения массы 1000 зерен были получены на несмытой темно-серой лесной почве, на смытых вариантах они снизились в 1,3 раза. На почвах участка 2 существенных различий в массе 1000 зерен не установлено.

Согласно литературным данным (Якименко, 2003; Власенко в соавт., 2005; Плотников, Иванюшин, 2014), среднее содержание в яровой пшенице азота (N) составляет 2,3-2,5 (зерно) и

0,60% (солома); фосфора (Р) – 0,37-0,48 (зерно) и 0,09% (солома); калия (К) – 0,50-0,62 (зерно) и 0,75-1,5% (солома). На почвах всех участков содержание азота в зерне и соломе было низким; калия – ниже среднего (табл. 2). Содержание фосфора в зерне и соломе пшеницы на черноземе оподзоленном (участок 1) было оптимальным и даже выше среднего в соломе (2010 г.). На черноземе выщелоченном и темно-серой лесной почве (участки 2, 3) содержание фосфора в зерне соответствовало оптимальному уровню, в соломе – ниже среднего. Влияние степени смывости почв на содержание NPK в пшенице отмечено лишь в отдельных случаях.

Таблица 2

Показатели качества яровой пшеницы

Почва	Макроэлементы в зерне (над чертой) и соломе (под чертой) пшеницы			Сырой протеин в зерне, %	Доля массы зерна в общей массе пшеницы, %
	N	P	K		
% на воздушно-сухую массу					
Участок №1: склон южной экспозиции, 2010 г.					
Чоп несмытый	0,97 ± 0,08 0,26 ± 0,05	0,49 ± 0,01 0,12 ± 0,02	0,41 ± 0,04 0,74 ± 0,05	5,65 ± 0,46	41
Чоп слабосмытый	1,01 ± 0,10 0,27 ± 0,05	0,50 ± 0,02 0,16 ± 0,02	0,40 ± 0,04 0,80 ± 0,13	5,88 ± 0,58	35
Чоп среднесмытый	0,90 ± 0,07 0,29 ± 0,04	0,49 ± 0,02 0,14 ± 0,01	0,41 ± 0,05 0,85 ± 0,06	5,24 ± 0,39	37
Чоп сильносмытый	0,87 ± 0,11 0,26 ± 0,05	0,48 ± 0,01 0,15 ± 0,02	0,47 ± 0,04 1,01 ± 0,07*	5,10 ± 0,67	46
Участок №1: склон южной экспозиции, 2014 г.					
Чоп несмытый	0,94 ± 0,16 0,17 ± 0,02	0,38 ± 0,01 0,05 ± 0,01	0,41 ± 0,02 0,96 ± 0,09	5,51 ± 0,95	41
Чоп слабосмытый	1,15 ± 0,20 0,23 ± 0,04	0,42 ± 0,01* 0,10 ± 0,01*	0,43 ± 0,02 1,38 ± 0,13*	6,71 ± 1,15	45
Чоп среднесмытый	0,93 ± 0,28 0,21 ± 0,04	0,41 ± 0,01 0,13 ± 0,02*	0,47 ± 0,03* 1,19 ± 0,09	5,41 ± 1,63	48
Чоп сильносмытый	1,20 ± 0,05 0,29 ± 0,05*	0,39 ± 0,01 0,10 ± 0,02*	0,41 ± 0,02 0,91 ± 0,09	6,99 ± 0,28	43
Чоп намытый	1,17 ± 0,07 0,26 ± 0,02*	0,38 ± 0,01 0,09 ± 0,01	0,40 ± 0,02 0,84 ± 0,07	6,82 ± 0,42	44
Участок №2: склон юго-восточной экспозиции, 2011 г.					
Чв несмытый	1,01 ± 0,11 0,22 ± 0,03	0,39 ± 0,01 0,06 ± 0,02	0,41 ± 0,07 0,89 ± 0,16	5,91 ± 0,64	40
Чв слабосмытый	1,05 ± 0,09 0,27 ± 0,04	0,39 ± 0,02 0,05 ± 0,01	0,41 ± 0,05 1,13 ± 0,16	6,10 ± 0,50	39
Чл намытая	0,99 ± 0,10 0,24 ± 0,06	0,42 ± 0,04 0,06 ± 0,02	0,41 ± 0,03 1,04 ± 0,06	5,76 ± 0,59	40
Участок №3: склон северо-западной экспозиции, 2011 г.					
СЛ ^Г несмытая	1,27 ± 0,15 0,34 ± 0,08	0,37 ± 0,02 0,05 ± 0,01	0,41 ± 0,03 1,03 ± 0,22	7,40 ± 0,90	43
СЛ ^Г слабосмытая	1,38 ± 0,24 0,35 ± 0,06	0,32 ± 0,03 0,04 ± 0,01	0,44 ± 0,03 0,79 ± 0,08	8,05 ± 1,39	32
СЛ ^Г среднесмытая	1,32 ± 0,21 0,34 ± 0,08	0,35 ± 0,01 0,05 ± 0,01	0,50 ± 0,06* 0,87 ± 0,05	7,72 ± 1,20	36

Примечание: Чоп – чернозем оподзоленный, Чв – чернозем выщелоченный, Чл – лугово-черноземная почва, СЛ^Г – темно-серая лесная почва. Представлены: среднее значение и стандартное отклонение (M±s). * – показатели, статистически значимо (p<0,05) отличающиеся от таковых на несмытой почве.

Протеин (белок) является важным питательным веществом в зерне злаковых и продуктах их переработки. В яровой мягкой пшенице содержание сырого протеина составляет в среднем 17% и варьирует в зависимости от условий минерального питания, прежде всего, содержания в почве нитратного азота (Павлов, 1992). Немаловажную роль в повышении содержания протеина, а также клейковины, играет своевременная фитосанитарная обработка посевов от вредителей и болезней. В целом, в проведенном нами исследовании, на фоне низкого содержания нитратного азота в

почвах, неблагоприятных погодных условиях и отсутствия фитосанитарных обработок, содержание сырого протеина в зерне на трех участках было очень низким (5-8%), доля массы зерна в общей массе пшеницы варьировала от 35 до 48%. Климатические условия вегетационного сезона 2014 г. в сравнении с 2010 г. положительно сказались на содержании сырого протеина и доле массы зерна в общей массе пшеницы на смытых вариантах чернозема оподзоленного.

ВЫВОДЫ

1. Питательный режим эродированных почв складывался под влиянием трансформации профиля ранее ненарушенных почв в результате воздействия эрозионных процессов различной интенсивности и антропогенных факторов. Содержание и запасы органического углерода, гумуса и общего азота снижались с усилением степени смытости чернозема оподзоленного и выщелоченного, темно-серой лесной почвы. Максимальные значения данных параметров установлены в намытой лугово-черноземной почве. Обеспеченность пшеницы нитратным азотом была низкой, легкоподвижным фосфором варьировала в пределах от среднего до высокого, обменным калием – от низкого до повышенного уровня. В целом, параметры актуального и потенциального плодородия чернозема выщелоченного и темно-серой лесной почвы тяжелосуглинистого гранулометрического состава выше, чем чернозема оподзоленного среднесуглинистого.

2. Продуктивность яровой пшеницы зависела от увлажненности года, типовой принадлежности и степени смытости почв, экспозиции склона. В условиях экстенсивного землепользования и при ограниченных влагозапасах урожай зерна на несмытых вариантах чернозема оподзоленного варьировал от 5 до 20 ц/га, чернозема выщелоченного и темно-серой лесной почвы составил порядка 40-43 ц/га. Влияние эрозии на структуру урожая яровой пшеницы наиболее четко проявилось на темно-серой лесной почве северо-западной экспозиции склона, где на слабо- и среднесмытых вариантах показатели общей массы, массы зерна и массы 1000 зерен были существенно ниже, чем на несмытой почве. На смытых вариантах чернозема оподзоленного и чернозема выщелоченного параметры структуры урожая пшеницы варьировали и были как выше, так и ниже величин, полученных на несмытых почвах. Пшеница, выращенная на намытом черноземе оподзоленном южной экспозиции склона, отличалась более высокими показателями общей массы и массы зерна в сравнении с почвами остального ряда; намытая лугово-черноземная почва – незначительно в сравнении с другими почвами склона юго-восточной экспозиции.

3. Содержание азота в зерне и соломе яровой пшеницы было низким; калия – ниже среднего; фосфора – в зерне оптимальным, а в соломе варьировало от высоких до низких величин. Содержание сырого протеина в зерне на исследованных почвах было очень низким (5-8%), доля массы зерна в общей массе пшеницы варьировало от 35 до 48%. В целом, не прослеживалась четкая закономерность между степенью смытости почвы и показателями структуры урожая пшеницы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта № VI.54.1.4. «Почвы как компонент биосферы: формирование, эволюция, экологические функции» по теме «Эколого-биогеохимическая оценка состояния естественных и антропогенных экосистем Сибири в целях поддержания экологических и рационализации утилитарных функций и сервисов почв» (№ государственной регистрации АААА-А17-117030110078-1, № в ИС 0313-2017-0003).

Авторы выражают благодарность сотрудникам ИПА СО РАН: Бугровской Г.А. (лаб. агрохимии) и Михальченко Т.П. (лаб. биогеохимии почв) за помощь в выполнении лабораторно-аналитических работ; к.б.н. Гопп Н.В. (лаб. географии и генезиса почв) – за составление карты территории исследования (рис. 1); д.б.н. Танасиенко А.А. и к.б.н. Чумбаеву А.С. (лаб. почвенно-физических процессов) – за помощь в проведении полевых исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулвалеев Р.Р., Троц В.Б. Рельеф поля и продуктивность яровой пшеницы // *Теоретические и прикладные аспекты современной науки*. 2015. № 9–1. С. 85–87.
2. Агрохимические методы исследования почв. М: Наука, 1975. 656 с.
3. *Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений* / Гамзиков Г.П., Ильин В. Б., Назарюк В.М. и др. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. 254 с.
4. Басевич В.Ф., Макаров И.Б. Эрозионные процессы и гетерогенность пахотного горизонта дерново-подзолистых почв // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2011. № 3. С. 53–57.

5. Безуглов В.Г., Гогмачадзе Г.Д., Синиговец М.Е. Состояние с эрозией почв в России // *АгроЭкоИнфо*. 2008. № 1(2).
6. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Эффективность технологий и воспроизводство плодородия черноземов лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2005. № 5. С. 16–19.
7. Власенко А.Н., Шоба В.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Продуктивность яровой пшеницы по пару при различных технологиях в лесостепи Западной Сибири // *Земледелие*. 2014. № 5. С. 26–28.
8. Гаевая Э.А., Мищенко А.Е., Кисс Н.Н., Сафонова И.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в севооборотах на эрозионно-опасных склонах Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2012. № 6. С. 42–47.
9. Гамзиков Г.П., Носов В.В. Роль элементов питания в повышении урожайности яровой пшеницы в Сибири // *Вестник Международного института питания растений*. 2010. № 1. С. 7–11.
10. Гинзбург К.Е., Щеглова Г.М., Вульфийус Е.В. Ускоренный метод сжигания почв и растений // *Почвоведение*. 1963. № 5. С. 89–96.
11. Гопп Н.В., Савенков О.А., Нечаева Т.В., Смирнов В.В. Влияние морфометрических характеристик рельефа на пространственную изменчивость содержания обменного калия в агросерой типичной почве // *Агрохимия*. 2014. № 5. С. 54–63.
12. Губина Д.А. Изменение гранулометрического состава пахотных почв подтаежной зоны Томской области при водной эрозии // *Плодородие*. 2014. № 6. С. 23–24.
13. Джерард А. Дж. Почвы и формы рельефа. Комплексное геоморфолого-почвенное исследование. Пер. с англ. Л.: Недра, Ленинградское отделение, 1984. 208 с.
14. Долгополова Н.В. Рост и развитие пшеницы в зависимости от экспозиции склона в условиях Курской области // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2015. № 9. С. 60–67.
15. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Агрохимические свойства чернозема в зависимости от экспозиции и крутизны склона // *Агрохимия*. 2012. № 7. С. 10–15.
16. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Агрохимические свойства серых лесных почв склонового агроландшафта // *Агрохимия*. 2013. № 11. С. 19–25.
17. Едимичев Ю.Ф., Шпедт А.А. Моделирование продуктивности яровой пшеницы в агроландшафтах Красноярского края // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 2 (249). С. 5–12.
18. Жежер Л.В. Влияние удобрений на склоновых землях // *Почвоохранное земледелие на склонах*. Новосибирск, 1983. С. 129–134.
19. Жилко В.В., Жукова И.И., Черныш А.Ф., Цыбулька Н.Н., Тишук Л.А. Потери гумуса и макроэлементов, вызываемые водной эрозией, из дерново-палево-подзолистых почв Белоруссии // *Агрохимия*. 1999. № 10. С. 41–46.
20. Каиштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. М.: Колос, 1997. 240 с.
21. Классификация и диагностика почв СССР / Состав.: Егоров В.В., Фридланд В.М., Иванова Е.Н., Розов Н.Н. и др. М.: Колос, 1977. 224 с.
22. Мусохранов В.Е. Использование эродированных земель в Западной Сибири. М.: Колос, 1983. 191 с.
23. Нечаева Т.В., Смирнова Н.В., Гопп Н.В., Савенков О.А. Изменение агрохимических параметров плодородия пахотных почв склона на юге Западной Сибири // *Плодородие*. 2017. № 2 (95). С. 2–5.
24. Павлов А.Н. Качество клейковины пшеницы и факторы, его определяющие // *Сельскохозяйственная биология*. 1992. № 1. Т. 26. С. 3–10.
25. Плотников А.М., Иванюшин Е.А. Агрохимия: методические указания для лабораторно-практических занятий, Лесниково: КГСХА, 2014. 76 с.
26. Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири: Сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. Сибирское отделение. СибНИИЗХим. Новосибирск, 1989. 176 с.
27. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Издательство МГУ, 2001. 689 с.
28. Расписание погоды. Электронный ресурс. URL: <http://rp5.ru> (дата обращения 06.09.2018)
29. Савельева Д.А. Особенности трансформации некоторых показателей гумусного состояния пахотных почв в эрозионных ландшафтах подтайги Томской области // *Земледелие*. 2016. № 7. С. 19–23.
30. Савич В.И., Гукалов В.Н., Мансуров Б.А. Агроэкологическая оценка развития эрозии во времени и в пространстве // *Плодородие*. 2015. № 3. С. 40–42.
31. Савоськина О.А. Почвозащитные приемы обработки – важнейший резерв снижения потерь биофильных элементов на эрозионноопасных землях // *Агрохимический вестник*. 2011. № 1. С. 19–23.
32. Скородумов А.С. Эродированные почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур. Киев: Урожай, 1973. 269 с.
33. Смирнова Л.Г., Нецветаев В.П., Михайленко И.И. Урожайность сортов озимой пшеницы в условиях склоновой микроразнообразности // *Агрохимия*. 2014. № 7. С. 38–44.
34. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере, 2-е издание. Новосибирск, 2012. 282 с.
35. Сухановский Ю.П., Санжарова С.И., Пруцкий А.В. Модель динамики содержания гумуса в эродированном черноземе Центрального Черноземья // *Агрохимия*. 2011. № 12. С. 45–52.
36. Сычев В.Г. Возможности совершенствования градаций содержания «доступного» калия // *Агрохимический вестник*. 2000. № 5. С. 30–34.

37. Танасиенко А.А. Эродированные черноземы юга Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1992. 150 с.
38. Танасиенко А.А. Специфика эрозии почв в Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. 176 с.
39. Танасиенко А.А., Якутина О.П., Чумбаев А.С. Содержание азота в нарушенных и ненарушенных черноземах и продуктах твердого и жидкого стока расчлененной территории Западной Сибири // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2016. № 2. С. 39–46.
40. Усенко В.И., Усенко С.В. Эффективность применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от предшественника, обработки почвы и средств защиты растений в лесостепи Алтайского Приобья // *Земледелие*. 2016. № 8. С. 4–8.
41. Филиппов М., Тужикова Т. Некоторые аспекты определения сырого протеина // *Комбикорма*. 2012. № 3. С. 85–90.
42. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Земельные ресурсы Новосибирской области и пути их рационального использования. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2009. 349 с.
43. Черемисинов Г.А. Агрохимическая характеристика эродированных почв // *Агрохимия*. 1972. № 8. С. 136–149.
44. Явтушенко В.Е., Макаров Н.Б. Потери органического вещества и элементов питания растений из почвы в результате водной эрозии // *Агрохимия*. 1996. № 4. С. 117–123.
45. Якименко В.Н. Калий в агроценозах Западной Сибири. Новосибирск: Издательство СО РАН, 2003. 231 с.
46. Якименко В.Н., Нечаева Т.В. Действие и последствие калийных удобрений в Западной Сибири // *Вестник Международного института питания растений*. 2016. № 2. С. 9–13.
47. Якутина О.П., Назарюк В.М. Оценка плодородия эродированных почв юга Западной Сибири // *Агрохимия*. 2007. № 11. С. 10–20.
48. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Режимы основных элементов питания и продуктивность растений на эродированных почвах юга Западной Сибири // *Проблемы агрохимии и экологии*. 2011. № 1. С. 16–22.
49. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Изменение плодородия эродированных черноземных почв юга Западной Сибири в зависимости от экспозиции склона // *Плодородие*. 2017. № 5(98). С. 39–42.
50. Buschiazzo D.E., Zobeck T.M. Validation of WEQ, RWEQ and WEPSwinderosion for different arable land management systems in the Argentinean Pampas // *Earth Surface Landforms*. 2008. V. 33(12). P. 1839–1850. doi: [10.1003/esp.1738](https://doi.org/10.1003/esp.1738)
51. Gabbasova I.M., Suleimanov R.R., Komissarov M.A., Garipov T.T., Sidorova L.V., Khaziev F.K., Khabirov I.K., Fruehauf M., Liebelt P. Temporal changes of eroded soils depending on their agricultural use in the southern Cis-Ural region // *Eurasian Soil Science*. 2016. V. 49. № 10. P. 1204–1210. doi: [10.1134/S1064229316100070](https://doi.org/10.1134/S1064229316100070)
52. Gopp N.V., Nechaeva T.V., Savenkov O.A., Smirnova N.V., Smirnov V.V. The methods of geomorphometry and digital soil mapping for assessing spatial variability in the properties of agrogray soils on a slope // *Eurasian Soil Science*. 2017. V. 50. № 1. P. 20–29. doi: [10.1134/S1064229317010082](https://doi.org/10.1134/S1064229317010082)
53. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports. № 106. Rome: FAO, 2014. 181 p.
54. Kiryukhina Z.P., Patsukevich Z.V. Erosion-induced degradation of the soil cover in Russia // *Eurasian Soil Science*. 2004. V. 37. № 6. P. 653–658.
55. Papiernik S.K., Schumacher T.E., Lobb D.A., Lindstrom M.J., Lieser M.L., Eynard A., Schumacher J.A. Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform // *Soil & Tillage Research*, 2009. V. 102. P. 67–77. doi: [10.1016/j.still.2008.07.018](https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.018)
56. Pimentel D. Soil erosion: a food and environmental threat // *Environment, Development and Sustainability*. 2006. V. 8. P. 119–137. doi: [10.1007/s10668-005-1262-8](https://doi.org/10.1007/s10668-005-1262-8)
57. Polyakov V., Lal R. Soil erosion and carbon dynamics under simulated rainfall // *Soil Science*. 2004. № 169. P. 590–599.
58. Strauss P., Klaghofer E. Effect of soil erosion on soil characteristics and productivity // *Bodenkultur*. 2001. № 52(2). P. 147–153.
59. Webb N.P., McGowan H.A., Phinn S.R., McTainch G.H. AUSLEM (AUStralian Land Erodibility Model): a tool for identifying wind erosion hazard in Australia // *Geomorphology*. 2006. V. 78 (3-4). P. 179–200. doi: [10.1016/j.geomorph.2006.01.012](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.01.012)
60. Yakutina O.P., Nechaeva T.V., Smirnova N.V. Consequences of snowmelt erosion: Soil fertility, productivity and quality of wheat on Greyzemic Phaeozem in the south of West Siberia // *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2015. V. 200. P. 88–93. doi: [10.1016/j.agee.2014.10.021](https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.021)
61. Zhijia Gu, Yun Xie, Yuan Gao, Xiaoyu Ren, Congcong Cheng, Sichu Wang Quantitative assessment of soil productivity and predicted impacts of water erosion in the black soil region of northeastern China // *Science of the total environment*, 2018. V. 637–638. P. 706–716. doi: [10.1016/j.scitotenv.2018.05.061](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.061)

Поступила в редакцию 01.11.2018;
принята 18.11.2018; опубликована 30.11.2018

Сведения об авторах:

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

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

Смирнова Наталья Валентиновна – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории агрохимии ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); smirnova@issa-siberia.ru

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи



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

**FERTILITY OF SOILS ON SLOPE, YIELD STRUCTURE AND
QUALITY OF SPRING WHEAT IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA**

© 2018 O.P. Yakutina, T.V. Nechaeva, N.V. Smirnova

*Address: Institute of Soil Science and Agrochemistry of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation, E-mail: oyakutina@issa-siberia.ru*

The aim of the study. *The aim of the study was to describe the fertility of Greyzemic Chernozems, Haplic Chernozem and Greyzemic Phaeozems located on erosion-prone slopes; to evaluate the yield and grain quality of spring soft wheat.*

The location and time of the study. *Research was conducted on soils of the three experimental plots. The study area was located in the southeastern part of West Siberia within the boundaries of the Bugotak Hills (called Cis-Salair region) on the right bank side of the Ob River in the Novosibirsk region in the south of West Siberia. Plot 1 was located in the Iskitim district of the Novosibirsk region on the slope of southern exposure with 0- 6° gradient and occupied by Greyzemic Chernozems with different degree of soil erosion. In the Toguchin district of the Novosibirsk region two plots were located. Plot 2 was located on the slope of southeastern exposure with 0- 6.5° gradient and occupied by Haplic Chernozems and Greyzemic Phaeozems. Plot 3 was located on the slope of northwestern exposure with 0-4.5° gradient and occupied by the non-eroded, slightly and moderately eroded Greyzemic Phaeozems. Cereal crops were spring soft wheat of two cultivars: Novosibirskaya 29 (plot 1; 2010 and 2014) and Memory of Vavenkov (plots 2, 3; 2011).*

Methodology. *Two replicate soil samples were collected from the soil profiles at the sites differing in soil erosion degree. Four wheat phytomass samples were taken by a special frame 50×50 cm.*

The main results. *Content and stock of soil organic carbon and total nitrogen decreased due to the increased soil erosion of Greyzemic Chernozems, Haplic Chernozems and Greyzemic Phaeozems (Luvic) with maximal values in the Greyzemic Phaeozem (Colluvic). The N-NO₃ in soils was low; the content of easily available phosphorus varied from the moderate to the high level, whereas the content of exchangeable potassium varied from low to increased level. Under extensive land use and restricted water reserves the wheat yield varied from 0.5 to 5 t/ha on the non-eroded Greyzemic Chernozems located on the south-exposed slope (plot 1). On the eroded soils the yield was found to be the same as on the non-eroded soil or even had a tendency to increase on slightly and moderately eroded soils. The maximal wheat yield (3.3 t/ha) was obtained on the Greyzemic Phaeozem (Colluvic). Between the non-eroded Haplic Chernozems, eroded and stratified soils of the southeastern exposure (plot 2) there were no statistically significant differences in the yield, which varied from 3.2 to 4.1 t/ha. On the non-eroded Greyzemic Phaeozems (Luvic) of the northwestern exposure of the slope (plot 3) the yield was 4.3 t/ha, while on the slightly and moderately eroded soils it decreased to 1.1 t/ha. The mass of 1000 grains of wheat indicated the group with high mass (>30 g). The nitrogen content in grain and straw was low; potassium content was below the moderate level, while the content of phosphorus in grain was found to be optimal, and in straw it varied from the high to the low level. The content of raw protein was low (5-8%). The grain accounted for 35-48% of the total aboveground wheat phytomass.*

Conclusion. Nutrient regime of eroded soils is determined by soil profile transformation due soil erosion process and its intensity, as well as due to anthropogenic factors. Potential and actual fertility of Haplic Chernozems and Greyzemic Phaeozems are higher than that of Greyzemic Chernozems. The productivity of soft spring wheat depends on the quantity of atmospheric precipitation, type and degree of soil erosion and slope exposure.

Key words: Greyzemic Chernozems; Haplic Chernozems; Greyzemic Phaeozems; eroded soils; Novosibirsk region; wheat productivity; mass of 1000 grains; raw protein; nitrogen; phosphorus; potassium in grain and straw.

How to cite: Yakutina O.P., Nechaeva T.V., Smirnova N.V. Fertility of soils on slope, yield structure and quality of spring wheat in the south of Western Siberia // *The Journal of Soils and Environment*. 2018. 1(3): 126–142. (in Russian with English abstract).

REFERENCES

1. Abdulvaleev R.R., Troz V.B. Field relief and spring wheat productivity, *Theoretical and applied aspects of modern science*. 2015, N^o 9–1, p. 85–87. (in Russian)
2. Agrochemical soil research methods. Moscow: Nauka Publ., 1975. 656 p. (in Russian)
3. Agrochemical properties of soil and fertilizer efficiency / Gamzikov G.P., Ilin V.B., Nazariuk V.M. et al. Novosibirsk: Nauka Publ., Siberian Branch, 1989. 254 p. (in Russian)
4. Basevich V.F., Makarov I.B. Erosive processes and heterogeneity of arable horizon of soddy-podsolic soils, *Agrochemistry and ecology problems*, 2011, N^o 3, p. 53–57. (in Russian)
5. Bezuglov V.G., Gogmachadze G.D., Sinegovez V.E. Condition with soil erosion in Russia, *AgroEcoInfo*. 2008, N^o1(2). (in Russian)
6. Vlasenko A.N., Sharkov I.N., Iodko L.N. Efficiency of technologies and reproduction of fertility of chernozems of the forest-steppe of Western Siberia, *Zemledelie*, 2005, N^o5, p. 16–19. (in Russian)
7. Vlasenko A.N., Shoba V.N., Sharkov I.N., Iodko L.N. Productivity of spring wheat under different technologies in the central forest-steppe of Western Siberia, *Zemledelie*, 2014, N^o5, p. 26–28. (in Russian)
8. Gaevaya E.A., Mishchenko A.E., Kiss N.N., Safonova I.V. Productivity and quality of winter wheat in crop rotations on erosion dangerous slopes of Rostov region, *Grain Economy of Russia*, 2012, N^o6, p. 42–47. (in Russian)
9. Gamzikov G.P., Nosov V.V. The role of nutrients in increasing the yield of spring wheat in Siberia, *Bulletin of the International Plant Nutrition Institute*, 2010, N^o 1, p. 7–11. (in Russian)
10. Ginzburg K.E., Shcheglova G.M., Wulfius E.V. Accelerated method of burning soils and plants, *Soil Science*. 1963, N^o5, p. 89–96. (in Russian)
11. Gopp N.V., Savenkov O.A., Nechaeva T.V., Smirnov V.V. Effect of relief morphometric characteristics on the spatial variability of exchangeable potassium in an agro-gray typical soil, *Agricultural Chemistry*, 2014, N^o5, p. 54–63. (in Russian)
12. Gubina D.A. Changes of the particle size distribution in arable soils of the subtaiga zone in the Tomsk region under water erosion, *Plodorodie*. 2014, N^o6, p. 23–24. (in Russian)
13. Gerard A.J. Soil and landforms. Complex geomorphological and soil research. Per. From English. Leningrad: Nedra Publ., Leningrad Branch, 1984. 208 p. (in Russian)
14. Dolgopolova N.V. Growth and development of spring wheat depending on slope exposure in the region Kursk, *Bulletin of the Kursk state agricultural academy*, 2015, N^o9, p. 60–67. (in Russian)
15. Dubovik E.V., Dubovik D.V. Agrochemical properties of leached Chernozem depending on the exposure and steepness of the slope, *Agricultural Chemistry*, 2012, N^o 7, p. 10–15. (in Russian)
16. Dubovik E.V., Dubovik D.V. Agrochemical properties of grey forest soils in sloped agrolandscape, *Agricultural Chemistry*, 2013, N^o11, p. 19–25. (in Russian)
17. Edimeyichev Yu.F., Shpedt A.A. Modeling spring wheat productivity in agrolandscapes of Krasnoyarsk Territory, *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, N^o2(249), p.5–12. (in Russian)
18. Zhezher L.V. Influence of fertilizers on sloping lands. In book: *Soil conservation on the slopes*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983, p. 129–134. (in Russian)
19. Zhilko V.V., Zhukova I.I., Chernysh A.F., Tsybulka N.N., Tishuk L.A. Losses of humus and macronutrients caused by water erosion from sod-pale-podzolic soils of Belarus, *Agricultural Chemistry*, 1999, N^o10, p.41–46. (in Russian)
20. Kashtanov A.N., Yavtushenko V.E. Agroecology of soil slopes. Moscow: Kolos Publ., 1997. 240 p. (in Russian)
21. Soil classification and diagnostics of the USSR / Compilers: Egorov V.V., Friedland V.M., Ivanova E.N., Rozov N.N. and etc. Moscow: Kolos Publ., 1977. 224 p. (in Russian)
22. Musokhranov V.E. Use of eroded lands in Western Siberia. Moscow: Kolos Publ., 1983. 191 p. (in Russian)
23. Nechaeva T.V., Smirnova N.V., Gopp N.V., Savenkov O.A. Changes in the agrochemical parameters of fertility of sloped arable soils in the southern regions of Western Siberia, *Plodorodie*, 2017, N^o2(95), p.2–5. (in Russian)
24. Pavlov A.N. The quality of wheat gluten and its determinants, *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 1992, N^o1, V. 26, p. 3–10. (in Russian)

25. Plotnikov A.M., Ivanyushin E.A. Agricultural chemistry: methodical instructions for laboratory and practical classes. Lesnikovo: KGSNA Publ., 2014. 76 p. (in Russian)
26. Soil-agrochemical problems of intensification of agriculture in Siberia: Collection of scientific papers / VASHNIL. Siberian Branch. SibNIIZHim. Novosibirsk, 1989. 176 p. (in Russian)
27. Practical work on Agricultural Chemistry / Ed.: V.G. Mineev. Moscow: Moscow State University Publishing House, 2001. 689 p. (in Russian)
28. Weather Schedule. Electronic resource. URL: <http://rp5.ru> (date of the application 06.09.2018) (in Russian)
29. Saveleva D.A. Transformation peculiarities of some indicators of humus state of arable soils in erosion landscapes in Sub-Taiga Zone of Tomsk Region, *Zemledelie*, 2016, N^o7, p. 19–23. (in Russian)
30. Savich V.I., Gukalov V.N., Mansurov B.A. Agroecological estimation of erosion development in time and space, *Plodorodie*, 2015, N^o3, p. 40–42. (in Russian)
31. Savoskina O.A. Soil-protecting devices of treatment - the most important reserve of biophilus elements' losses decrease on erosion dangerous lands, *Agrochemical Herald (Agrokhimicheskiiy vestnik)*, 2011, N^o1, p. 19–23. (in Russian)
32. Skorodumov A.S. Eroded soil and crop productivity. Kiev: Urozhai Publ., 1973. 269 p. (in Russian)
33. Smirnova L.G., Netsvetaev V.P., Mikhailenko I.I. Yielding capacity of winter wheat cultivars under conditions of slope microzonality, *Agricultural Chemistry*, 2014, N^o7, p. 38–44. (in Russian)
34. Sorokin O.D. Applied statistics on the computer, second edition. Novosibirsk, 2012. 282 p. (in Russian)
35. Sukhanovsky Yu.P., Sanzharova S.I., Prushchik A.V. Humus dynamics model in eroded chernozem of the Central Chernozemic Zone, *Agricultural Chemistry*, 2011, N^o12, p. 45–52. (in Russian)
36. Sychev V.G. Opportunities to improve the gradation of the content of "available" potassium, *Agrochemical Herald (Agrokhimicheskiiy vestnik)*, 2000, N^o5, p. 30–34. (in Russian)
37. Tanasienko A.A. Eroded chernozems of the south of Western Siberia. Novosibirsk: Nauka Publ., 1992. 150 p. (in Russian)
38. Tanasienko A.A. Specific features of soil erosion in Siberia. Novosibirsk: Published by Siberian branch of RAS, 2003. 176 p. (in Russian)
39. Tanasienko A.A., Yakutina O.P., Chumbaev A.S. Content of nitrogen in eroded and non-eroded Chernozems and products of sediments and runoff of dessected territory of West Siberia, *Agrochemistry and ecology problems*, 2016, N^o2, p. 39–46. (in Russian)
40. Usenko V.I., Usenko S.V. Efficiency of mineral fertilizers for spring wheat in dependence of the forecrop, soil cultivation and plant protection means in the forest-steppe of the Altai Ob Region, *Zemledelie*, 2016, N^o8, p. 4–8. (in Russian)
41. Filippov M., Tuzhikova T. Some aspects of determining raw protein, *Kombikorma*. 2012, N^o3, p. 85–90. (in Russian)
42. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. Land resources of the Novosibirsk region and ways of their rational use. Novosibirsk: Published by Siberian branch of RAS, 2009. 349 p. (in Russian)
43. Cheremisinov G.A. Agrochemical characteristics of eroded soils, *Agricultural Chemistry*, 1972, N^o8, p. 136–149. (in Russian)
44. Yavtushenko V.E., Makarov N.B. Loss of organic matter and plant nutrients from soil due to water erosion, *Agricultural Chemistry*, 1996, N^o4, p. 117–123. (in Russian)
45. Yakimenko V.N. Potassium in agrocenoses of Western Siberia. Novosibirsk: Published by Siberian branch of RAS, 2003. 231 p. (in Russian)
46. Yakimenko V.N., Nechaeva T.V. Action and aftereffects of potash fertilizers in Western Siberia, *Bulletin of the International Plant Nutrition Institute*, 2016, N^o2, p. 9–13. (in Russian)
47. Yakutina O.P., Nazariuk V.M. Estimation of fertility of eroded soils in the south of Western Siberia, *Agricultural Chemistry*, 2007, N^o11, p. 10–20. (in Russian)
48. Yakutina O.P., Nechaeva T.V., Smirnova N.V. The main nutritious regimes and plant production on the eroded soils in the south of West Siberia, *Agrochemistry and ecology problems*, 2011, N^o1, p. 16–22. (in Russian)
49. Yakutina O.P., Nechaeva T.V., Smirnova N.V. Changes in fertility of eroded chernozems in the southern regions of Western Siberia depending on slope exposure, *Plodorodie*, 2017, N^o5 (98), p. 39–42. (in Russian)
50. Buschiazzo D.E., Zobeck T.M. Validation of WEQ, RWEQ and WEPSwinderosion for different arable land management systems in the Argentinean Pampas, *Earth Surface Landforms*, 2008, 33(12), p. 1839–1850. doi: [10.1003/esp.1738](https://doi.org/10.1003/esp.1738)
51. Gabbasova I.M., Suleimanov R.R., Komissarov M.A., Garipov T.T., Sidorova L.V., Khaziev F.K., Khabirov I.K., Fruehauf M., Liebelt P. Temporal changes of eroded soils depending on their agricultural use in the southern Cis-Ural region, *Eurasian Soil Science*, 2016, V. 49, N^o10, p. 1204–1210. doi: [10.1134/S1064229316100070](https://doi.org/10.1134/S1064229316100070)
52. Gopp N.V., Nechaeva T.V., Savenkov O.A., Smirnova N.V., Smirnov V.V. The methods of geomorphometry and digital soil mapping for assessing spatial variability in the properties of agrogray soils on a slope, *Eurasian Soil Science*, 2017, V. 50, N^o1, p. 20–29. doi: [10.1134/S1064229317010082](https://doi.org/10.1134/S1064229317010082)
53. IUSS Working Group WRB, World Reference Base for Soil Resources International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, World Soil Resources Reports. № 106. Rome: FAO, 2014. 181 p.

54. Kiryukhina Z.P., Patsukevich Z.V. Erosion-induced degradation of the soil cover in Russia, *Eurasian Soil Science*, 2004, V. 37, N^o6, p. 653–658.
55. Papiernik S.K., Schumacher T.E., Lobb D.A., Lindstrom M.J., Lieser M.L., Eynard A., Schumacher J.A. Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform, *Soil & Tillage Research*, 2009, V. 102, p.67–77. doi: [10.1016/j.still.2008.07.018](https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.018)
56. Pimentel D. Soil erosion: a food and environmental threat, *Environment, Development and Sustainability*, 2006, V. 8, p. 119–137. doi: [10.1007/s10668-005-1262-8](https://doi.org/10.1007/s10668-005-1262-8)
57. Polyakov V., Lal R. Soil erosion and carbon dynamics under simulated rainfall, *Soil Science*, 2004, No169, p. 590–599.
58. Strauss P., Klaghofer E. Effect of soil erosion on soil characteristics and productivity, *Bodenkultur*. 2001, N^o52(2), p.147–153.
59. Webb N.P., McGowan H.A., Phinn S.R., McTainsch G.H. AUSLEM (AUStralian Land Erodibility Model): a tool for identifying wind erosion hazard in Australia, *Geomorphology*, 2006, V. 78 (3-4), p. 179–200. doi: [10.1016/j.geomorph.2006.01.012](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.01.012)
60. Yakutina O.P., Nechaeva T.V., Smirnova N.V. Consequences of snowmelt erosion: Soil fertility, productivity and quality of wheat on Greyzemic Phaeozem in the south of West Siberia, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2015, V. 200, p. 88–93. doi: [10.1016/j.agee.2014.10.021](https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.10.021)
61. Zhijia Gu, Yun Xie, Yuan Gao, Xiaoyu Ren, Congcong Cheng, Sichu Wang Quantitative assessment of soil productivity and predicted impacts of water erosion in the black soil region of northeastern China, *Science of the total environment*, 2018, V. 637–638, p. 706–716. doi: [10.1016/j.scitotenv.2018.05.0613](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.0613)

Received 01 November 2018

Accepted 18 November 2018

Published 30 November 2018

About the authors:

Yakutina Olga P. – Cand. of Biol. Sci., Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); oyakutina@issa-siberia.ru

Nechaeva Taisia V. – Cand. of Biol. Sci., Leading Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); nechaeva@issa-siberia.ru

Smirnova Natalya V. – Cand. of Biol. Sci., Researcher in the Laboratory of Agrochemistry in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); smirnova@issa-siberia.ru

The authors read and approved the final manuscript



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