

Л. В. Березин (Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина — ОмГАУ)

В 1957 г. окончил Омский сельскохозяйственный институт. В настоящее время — профессор кафедры почвоведения ОмГАУ, Доктор сельскохозяйственных наук, академик Международной академии экологии и безопасности жизнедеятельности человека. Почетный член географического общества и член Докучаевского общества почвоведов. Лауреат премии им. М. В. Певцова

Е. Ю. Федяева (Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина — ОмГАУ)

В 2012 г. окончила ОмГАУ, по специальности «Агрохимия и почвоведение». В настоящее время — аспирант ОмГАУ.

М. С. Балуков (Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина — ОмГАУ)

В 2012 г. окончил ОмГАУ, по специальности «Селекция и генетика сельскохозяйственных культур». В настоящее время — аспирант ОмГАУ.

Использование космической информации для оценки состояния ранее освоенных целинных земель

В середине XX века посевная площадь зерновых культур в СССР увеличилась с 32,4 до 60,3 млн га. В короткий срок с 1954 до 1960 года валовой сбор зерна возрос с 25,6 до 58,7 млн т. Эти результаты были достигнуты за счет небывало интенсивного освоения новых земель. Но почти сплошная распашка земель степной зоны Сибири и Северного Казахстана уже через 3–5 лет вызвала развитие деградационных процессов вследствие дефляции. Тогда был учтен опыт преодоления последствий аналогичных процессов в США и Канаде, в каждом из регионов была изменена система обработки почвы и нарезка полей севооборота. Эти мероприятия в сочетании с переходом сельского хозяйства в СССР на интенсивный путь развития за счет применения удобрений и средств защиты растений и, где

необходимо, приемов мелиорации почв, уже к 1970–1975 гг. позволили остановить процессы ветровой эрозии вновь освоенных земель. Объем закупки зерна в 1976 году по сравнению с 1960 годом увеличился с 29 до 43,9 млн т. Но реформирование государства в 1991 году и последующее преобразование почти всех крупных многоотраслевых хозяйств в мелкие крестьянско-фермерские, не обеспеченные техникой и кадрами, вновь привело к упадку производства. В итоге валовой сбор зерна в условиях Западной Сибири по существу за 60 лет остался на исходном уровне (рис. 1).

Отмечая шестидесятилетие освоения целинных земель, многие средства массовой информации акцентировали внимание общества на деградации освоенных земель, бесполезности затраченных средств

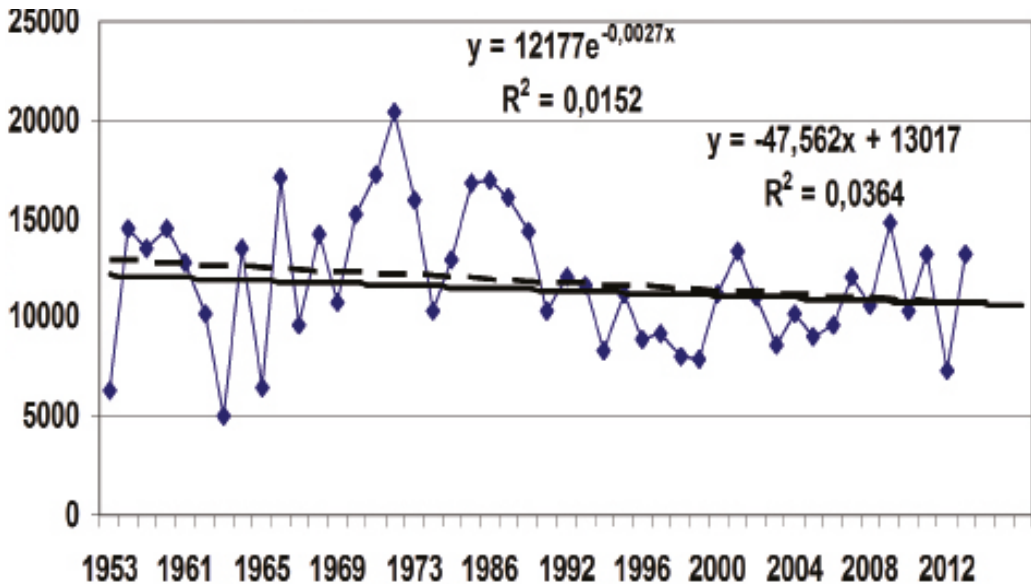


Рис. 1. Динамика валового сбора зерна в Западной Сибири после освоения целинных земель (1953–2013 гг.), тыс. т.

и на продолжающееся опустынивание земель в черноземной степи Сибири.

В 2014 году почвоведомы Омского аграрного университета при содействии компании «Совзонд» проведено почвенное обследование муниципального Одесского района Омской области, который расположен в центре Ишимской степи на границе России и Республики Казахстан.

По данным почвенных обследований Одесского района период с 1964 по 1989 год 95–98% земель расположены на черноземе обыкновенном тяжелосуглистом (по классификации почв России 2004 года он является подтипом чернозема криогенно-мицелярного). При почвенном обследовании наиболее крупного районного хозяйства АО «Желанное», проведенном через 30 лет после освоения целины, содержание гумуса снизилось с 6,9 до 5,2%. Это дало повод к утверждению, что в районах освоения целинных земель начинается процесс опустынивания. Но этот показатель является

нижней границей черноземов степной зоны, и, вполне возможно, что в период дефляции несколько снизилась мощность гумусового горизонта и содержание гумуса. Снижение гумуса целинных почв после введения в интенсивное использование в пашне, следует объяснять не деградацией распаханной почвы, а более интенсивной, по сравнению с естественным биоценозом, минерализацией растительных осадков. Об этом говорят многочисленные исследования почвоведов Казахстана и Института почвоведения и агрохимии СО РАН, а в Омской области — доцента Л. Н. Мищенко (1988) и др.

Для более достоверной оценки динамики почвенного плодородия, почвенные разрезы в 2014 году были заложены непосредственно рядом с разрезами 1989 года, указанными на почвенных картах. Обследование, проведенное в 2014 году показало, что за прошедшее второе тридцатилетие каких-либо

существенных морфологических изменений не отмечено. Однако все новые почвенные разрезы показали значительное уплотнение — до 1,5–2,2 м. Отнести это уплотнение лишь к переходу на минимальную систему земледелия нельзя. Очевидно, это может быть следствием пульсации уровня грунтовых вод (УГВ) и подъема капиллярной каймы, способствующей периодическому повышению влажности корнеобитаемого слоя, но при опускании УГВ происходит существенное его уплотнение. Это приводит к двум негативным явлениям. Если при подъеме УГВ, благодаря повышению влажности почвы, продуктивность пашни повышается, одновременно поднимаются к поверхности почвенные карбонаты, а это способствует снижению устойчивости почв к дефляции. При опускании капиллярной каймы иссушение почвы затрудняет понижение глубины вскипания. Результатом этих противоречивых процессов является повышение неравномерности почвенного плодородия.

Анализ материалов дистанционного зондирования со спутника высокого разрешения RapidEye после кластеризации по методу анализа вегетационного индекса NDVI перед уборкой урожая твердой пшеницы 2 сентября 2014 г. показал крайне высокое варьирование продуктивности растений, синхронное с отражением спектра солнечной радиации (табл. 1 и рис. 2).

Урожайность яровой твердой пшеницы в пределах одного поля колеблется от 0,41 до 1,93 т/га. Локальное повышение урожайности географически приурочено к территории микрозападин, на которых максимальная урожайность была получена в результате накопления влаги в весенний период из-за уплотненности подпахотного горизонта, что хорошо отражают весенние снимки из космоса на начало мая 2014 года. Этим опровергается гипотеза о существовании солонцовых пятен на изучаемом полигоне, которые в зоне зернового производства Западной Сибири обычно определяют низкую продуктивность возделываемых культур.

При сопоставлении почвенных карт Омской области 1960–1980 и 1995–2012 гг. на последних было выявлено наличие широких полос, отражающих чередование карбонатного и глубоковскипающего чернозема, меридионально пересекающих изучаемый район в сторону озер Северного Казахстана (рис. 3). Поскольку на крупномасштабных почвенных картах землепользований и даже на почвенной карте района М 1:200 000, составленных до 1990 года, этой закономерности не было установлено, в 2014 году проведена дополнительная рекогносцировочная почвенная съемка по стерневому фону полей убранной пшеницы. Маршрут съемки — с запада на восток от изучаемого хозяйства до районного центра Одесское с определением

№ прикопки	Высота растений, см	Количество растений, шт./кв. м	Вес зерна			
			шт./кв. м	г/кв. м	т/га	1000 зерен
1	95	296	272	128	1,28	57,1
2	78	268	228	1,21	1,21	42,6
3	105	312	272	159	1,59	50,6
4	111	180	256	192,8	1,93	41,6
5	101	176	232	40,6	0,41	39,2
6	106	320	312	109	1,09	35,8

Табл. 1. Продуктивность яровой твердой пшеницы (сорт Норунд) на карбонатном черноземе. Одесский район Омской области, 2014 г.

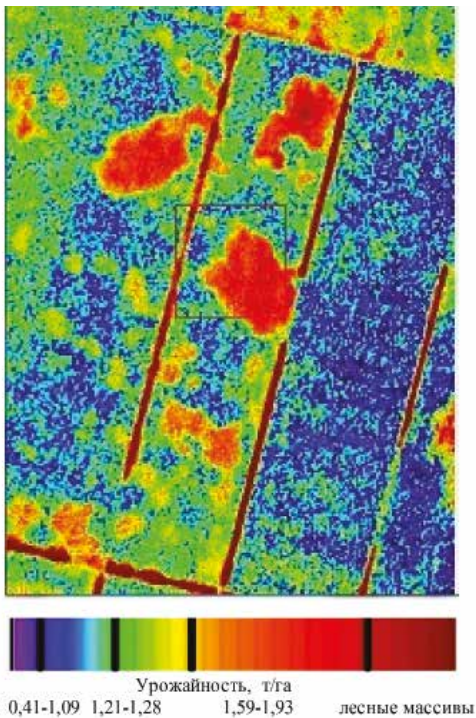


Рис. 2. Отражение продуктивности твердой пшеницы на космическом снимке после кластеризации методом NDVI 2 сентября 2014 г. и номограмма урожайности пшеницы по показателю цветовой кластеризации синтезированного снимка

через каждые 3–4 км глубины вскипания и мощности гумусового горизонта в каждой из географически привязанных почвенных прикопок (табл. 2).

Маршрут по четко выраженной равнине, без видимой всхолмленности, пересекал

несколько полос чернозема с различной глубиной вскипания. Для каждой предполагаемой почвенной разности было обследовано по три объекта.

При камеральной обработке материалов ДЗЗ в пятикратной повторности, по космическому снимку вблизи каждой прикопки были определены кривые спектральной яркости поглощенного спектра солнечной радиации (рис. 4, 5).

Анализ отраженного спектра солнечной радиации показал, что типичный для степной зоны Западной Сибири чернозем криогенно-мицелярный среднемощный, среднегумусовый тяжелосуглинистый поглощает от 20 до 50% видимой части спектра. И лишь в инфракрасном диапазоне проявляются значительные различия между изученными объектами.

Поглощение солнечной радиации черноземом карбонатным существенно отличается. Видимая часть спектра от 0,42 до 0,65 мкм при наличии карбонатов в поверхностной части почвенного профиля, характеризуется большим поглощением радиации. Но энергонасыщенная инфракрасная часть спектра поглощается различными группами черноземов степной зоны практически в равной мере на 50–60%.

Однако строгой математической закономерности изменения данного спектра обеих почвенных разностей черноземов степной зоны на двух полях не выявлено. Максимальное значение коэффициента криволинейной зависимости не превысило 0,3 (табл. 3).

№ прикопки	Чернозем среднемощный, глубоковскипающий		№ прикопки	Чернозем маломощный, карбонатный	
	Мощность гумусового горизонта, см	Глубина вскипания карбонатов, см		Мощность гумусового горизонта, см	Глубина вскипания карбонатов, см
2	19	29	1	13	0
3	20	26	4	12	0
5	26	28	6	14	0

Табл. 2. Неравномерность свойств чернозема криогенно-мицелярного



Рис. 3. Фрагмент почвенной карты юго-западной части Омской области, 2012 г. (составлена под руководством Н. С. Байкова)

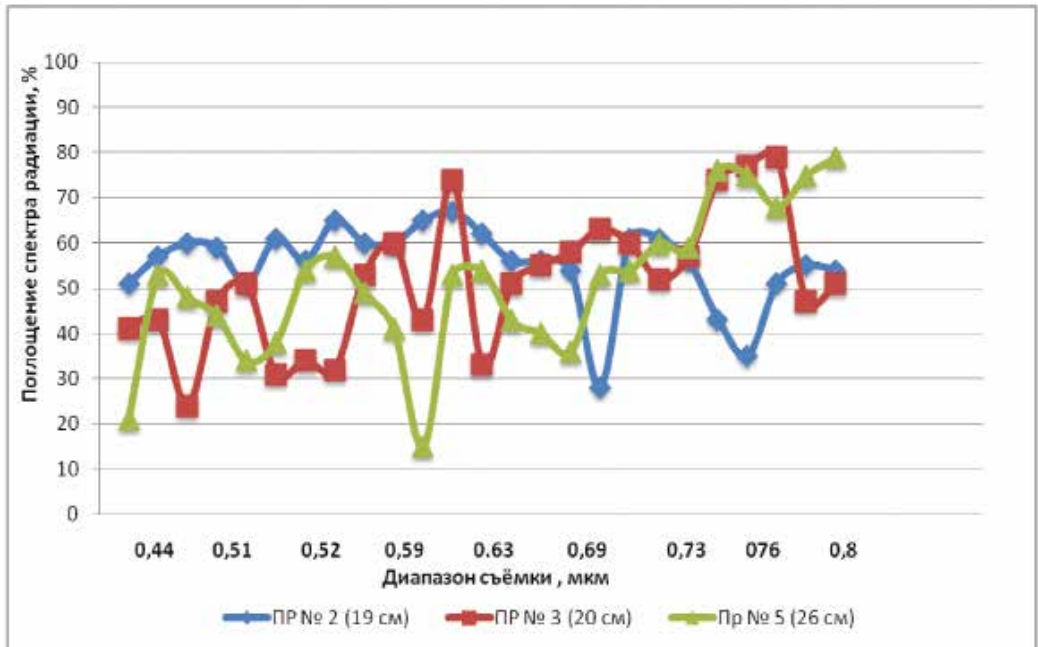


Рис. 4. Кривая спектральной яркости поглощенного спектра солнечной радиации черноземом криогенно-мицелярным среднезумсовым, глубоковпитывающим (процент от максимально возможной)

Название зависимости	Уравнение зависимости	Величина достоверности
A. Чернозем среднемощный, глубоковскипающий (прикопка №2)		
Линейная	$y = -0,427x + 60,92$	$R^2 = 0,123$
Экспоненциальная	$y = 61,21e^{-0,00x}$	$R^2 = 0,114$
Логарифмическая	$y = -2,22\ln(x) + 60,52$	$R^2 = 0,043$
Полиномиальная x 2	$y = -0,045x^2 + 0,746x + 55,63$	$R^2 = 0,181$
Полиномиальная x 3	$y = 0,009x^3 - 0,419x^2 + 4,711x + 46,21$	$R^2 = 0,283$
Степенная	$y = 61,32x^{0,05}$	$R^2 = 0,047$
B. Чернозем маломощный, карбонатный (прикопка №4)		
Линейная	$y = 1,266x + 28,25$	$R^2 = 0,192$
Экспоненциальная	$y = 28,12e^{0,024x}$	$R^2 = 0,082$
Логарифмическая	$y = 8,144\ln(x) + 25,82$	$R^2 = 0,102$
Полиномиальная x 2	$y = 0,114x^2 - 1,712x + 41,65$	$R^2 = 0,257$
Полиномиальная x 3	$y = 0,001x^3 + 0,073x^2 - 1,276x + 40,62$	$R^2 = 0,257$
Степенная	$y = 28,47x^{0,131}$	$R^2 = 0,030$
C. Чернозем среднемощный, глубоковскипающий (прикопка №5)		
Линейная	$y = 1,509x + 31,54$	$R^2 = 0,470$
Экспоненциальная	$y = 32,42e^{0,030x}$	$R^2 = 0,339$
Логарифмическая	$y = 11,25\ln(x) + 25,04$	$R^2 = 0,336$
Полиномиальная x 2	$y = 0,110x^2 - 1,356x + 44,43$	$R^2 = 0,574$
Полиномиальная x 3	$y = 0,008x^3 - 0,233x^2 + 2,290x + 35,76$	$R^2 = 0,600$
Степенная	$y = 27,51x^{0,241}$	$R^2 = 0,274$
D. Чернозем маломощный, карбонатный (прикопка №6)		
Линейная	$y = -1,002x + 94,39$	$R^2 = 0,196$
Экспоненциальная	$y = 99,06e^{-0,01x}$	$R^2 = 0,228$
Логарифмическая	$y = -5,50\ln(x) + 94,12$	$R^2 = 0,076$
Полиномиальная x 2	$y = -0,197x^2 + 4,144x + 71,23$	$R^2 = 0,514$
Полиномиальная x 3	$y = -0,020x^3 + 0,616x^2 - 4,489x + 91,74$	$R^2 = 0,654$
Степенная	$y = 99,52x^{-0,09}$	$R^2 = 0,096$

Табл. 3. Уравнения аппроксимации зависимости кривой спектра поглощения солнечной радиации чернозема криогенно-мицелярного степной зоны Западной Сибири

На третьем из обследованных полей, где были сделаны прикопки №5 и 6, по космическому снимку было обнаружено явное отличие от других полей района. Высокое поглощение (80-90%) видимой части спектра радиации и его снижение в инфракрасном диапазоне объясняется отсутствием или наличием небольшого количества растительного покрова. Особенно ярко это

отражает кривая для прикопки №6. В случае, если участок изучаемой территории покрыт растительностью более чем на 60%, космический снимок не дает четкую величину светоотражения почвенного покрова. Анализ спектральной кривой на этом поле показал наличие сложной кривой полиномиальной зависимости второй и еще более существенной — третьей степени,



Рис. 6. Динамика валового сбора зерна в Одесском районе Омской области после освоения целинных земель (1953–2013 гг.), тыс. т

с коэффициентом множественной корреляции R^2 до 0,6 и 0,65 соответственно, хотя по свойствам почвы все три поля достаточно однотипны и находятся в пределах одной классификационной градации.

Несмотря на некоторое варьирование морфологических показателей, вполне естественное для маршрута почвенного обследования в 30 км, анализ материалов дистанционного зондирования по полям возделывания зерновых культур, господствующих в районах освоения целинных земель, показал весьма высокую поглотительную способность черноземов, которая является первопричиной высокого качества зерна и молока в сибирском регионе. Это опровергает гипотезу об опустынивании почв в районах освоения целины и дает уверенность в сохранении почвенного плодородия и еще не полностью использованной продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в степной зоне Сибири.

Несмотря на негативное воздействие природных факторов — ветровую эрозию и антропогенное влияние реформирования сельского хозяйства России, районы

степной зоны продолжают эффективно функционировать. Как показали результаты анализа обследованного района, типичного для зоны широкого освоения целинных земель, валовое производство зерна за прошедшие 60 лет не только не снизилось, а повысилось в 3–4 раза. Прогнозный расчет свидетельствует, что в ближайшие 5 лет за счет дальнейшего совершенствования системы земледелия валовое производство зерна может увеличиваться ежегодно в среднем на 10–14% (рис. 6).

Таким образом, дешифрирование мультиспектральных изображений на снимках высокого разрешения агроценозов в районах освоения целинных земель Сибири показало, что, несмотря на проявление дефляционных процессов, черноземные почвы различной степени карбонатности и гумуссированности сохраняют свое плодородие, что подтверждается высокой поглотительной способностью обследованных почв. И это является гарантией дальнейшего существенного увеличения производства высококачественного зерна.