



УДК 631.421.1:332.37

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА В ЦЕЛЯХ АДАПТИВНОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА АГРОЛАНДШАФТОВ¹

Ф.Н. Лисецкий¹**Т.Н. Ковалева²**

Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: liset@bsu.edu.ru

Саратовский государственный
университет им. Н.И. Вавилова
Россия, 410012, г. Саратов,
Театральная пл., 1
E-mail: tnk2003@list.ru

В статье рассмотрены перспективы использования спектральных космических снимков для определения зависимости элементов водного баланса полей севооборота от агрофона и расположения полезащитных лесных насаждений. Показан опыт совместного применения данных дистанционного зондирования местности и подспутниковых наблюдений. Даны рекомендации по проектированию стокорегулирующих лесных полос при обустройстве агроландшафтов.

Ключевые слова: землеустройство, агроландшафты, картографирование, дешифрирование, водный баланс, вегетационный индекс.

Водный баланс – это соотношение за определенный промежуток времени прихода, расхода и аккумуляции (изменение запаса) воды для участка территории. Совокупность явлений превращения и передвижения вещества и энергии в почвенной толще являются основой почвообразовательного процесса. К наиболее важным слагаемым почвообразовательного процесса относятся аккумуляция органических и минеральных веществ и их миграция. В развитии главного ресурсного признака черноземных почв – мощности гумусового горизонта установлена [1] смена механизмов: переход от доминирования «инситного» формирования (в фазе «быстрого роста») к определяющему влиянию медленного элювиально-иллювиального процесса развития. При активном развитии эрозионных процессов происходит относительное «омоложение» почвенного профиля по шкале внутреннего времени его развития.

По характеру миграции и аккумуляции веществ и геохимической сопряженности склоновые эрозионно опасные агроландшафты Приволжской возвышенности можно охарактеризовать как преимущественно транзитные, отличающиеся значительным выносом биогенных элементов (рис. 1). В регулировании этих процессов большой эффективностью могут обладать противозерозионные рубежи, выполняющие функцию ландшафтно-геохимических барьеров. Возможность учета и регулирования направления и интенсивности горизонтальных вещественно-энергетических потоков при ландшафтной организации территории обеспечивает противозерозионную, экологическую и энергетическую эффективность адаптивных систем земледелия [2].

Целью научной работы, проведенной при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в 2011 году, являлось изучение факторов регулирования элементов водного баланса и микроклимата агроландшафтов по материалам дешифрирования данных космического мониторинга.

Объектом исследования выбраны агроландшафты Приволжской возвышенности.

¹ Работа выполнена при грантовой поддержке РФФИ: № 11-05-90705-моб_ст



Рис. 1. Агрорландшафты Приволжской возвышенности (ЗАО «Синеньское» Саратовского района Саратовской области)

По снимкам, полученным за ряд лет в период с октября по март нами изучена динамика снежного покрова, проведена оценка влагонакопления и готовности угодий к следующему сезону. При проведении исследований использовали следующие материалы: цифровые крупномасштабные космические снимки со спутников QuickBird (М 1:4000 – 1:17000 с разрешением 2.4 м) и Landsat 5 (многоспектральные с разрешением 8 м), находящиеся в свободном доступе в сети Интернет, архивные черно-белые крупномасштабные аэрофотоснимки, топографические и тематические карты территории, данные полевых изысканий и научных опытов, проводимых на территории ЗАО «Синеньское» Саратовского района Саратовской области с 2001 года. Изучали склоновые участки пашни с крутизной 3°, обрамленные лесной полосой по водоразделу. Средняя высота деревьев лесной полосы основных пород 10 м, ширина полосы 12 м, конструкция – ажурная. Возраст насаждений составлял 40 лет. Почвы – черноземы южные маломощные малогумусные слабо- и среднесмытые слабощебенчатые на опоке.

Запасы воды в снеге (W_c , мм) рассчитывали по формуле:

$$W_c = 10 \times H \times d, \quad (1)$$

где H – высота снежного покрова, см; d – плотность снега, г/см³. Определение степени смытости почв проводили по методике А.С. Козменко.

Урожай (P , т/га) определяли методом сплошного комбайнирования с дальнейшим пересчетом урожая зерна на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность:

$$P = m / (n + 1) \times 100\%, \quad (2)$$

где m – валовой сбор зерна, т/га; n – коэффициент пересчета на влажность почвы, т/га.

Основные метеорологические элементы за годы исследования (осадки, температура и др.) приняты по метеостанции «Саратов, Ю.-В.» Саратовской области. Статистическую обработку собранного материала проводили по методике Б.А. Доспехова на персональном компьютере с использованием Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0. Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур была общепринятая и рекомендуемая НИИСХ «Юго-Востока» для Правобережья Саратовской области.

Полевой опыт – двухфакторный: первый фактор – определение зоны влияния лесной полосы на эрозионные процессы (100, 200, 300, 400, 500 и 600 м), снего-, влагонакопление и микроклимат поля и урожайность сельскохозяйственных культур, второй – сельскохозяйственные культуры в полевом севообороте: 1 – чистый пар, 2 – озимая пшеница, 3 – яровая пшеница + подсев многолетних трав, 4 – многолетние травы первого года пользования, 5 – многолетние травы второго года пользования, 6 – яровая пшеница, 7 – подсолнечник [3].



Наибольшее количество осадков в зоне расположения ЗАО «Синеньское» приходится на зимний период. Резко выраженный рельеф территории хозяйства вызывает здесь более интенсивное сдувание снега в овражно-балочную сеть и сток весенних талых вод.

Дистанционные методы наблюдения за снежным покровом основаны на взаимосвязях электромагнитного излучения в широком диапазоне волн с изменчивыми физическими характеристиками снега (плотность, теплопроводность, влажность и др.). Свежевыпавший снег отражает около 95% солнечной радиации в области длин волн 0.3-0.9 мкм. Различная степень метаморфизма снежного покрова способствует изменению уровня отражательной способности: минимум отражения соответствует длине волны 1.45 мкм; у свежего и мелкозернистого снега наблюдаются локальные пики отражения, соответствующие длинам волн 1.8 и 2.25 мкм. Интенсивность собственного излучения снежного покрова, регистрируемая СВЧ-радиометрами, зависит от его яркостной температуры. Элементы изображения земной поверхности обычно относят к классу заснеженных или не заснеженных (обычно к заснеженным относят участки с преобладанием снежного покрова на площади более 50%). К одному из показателей точности относят регистрацию факта «присутствие/отсутствие» снежного покрова. Точность выделения границ снежного покрова определяется размерами элемента изображения, т.е. пространственным разрешением космической системы и точностью географической привязки изображения.

Общая картина распространения снежного покрова хорошо прослеживается на космических снимках. При этом тон изображения заснеженных объектов может меняться в довольно широких пределах – от белого до темно-серого, в зависимости от мощности и состояния снежного покрова (сухой, талый), рельефа местности, наличия и видового состава растительности, условий съемки. Тон изображения снежного покрова, залегающего под пологом леса, будет претерпевать изменения в зависимости от степени сомкнутости и видового состава лесных насаждений.

Наибольшую трудность при дешифрировании снежного покрова представляет облачность, поскольку отражательные свойства этих объектов примерно одинаковы. Однако вид изображения облачной картины, в отличие от снежного покрова, на снимках быстро меняется.

Кроме того, границы залегания снежного покрова на снимках просматриваются в виде непрерывной линии, тогда как границы облачности, как правило, разорваны. При картографировании границ снеготаяния по космическим снимкам для начальной привязки можно использовать карты высот снежного покрова и его границ, которые приводятся в приложениях к ежедневному гидрометеорологическому бюллетеню метеослужбы.

Применение методов картографирования снежного покрова с использованием данных спутникового зондирования иногда осложняется из-за нечетких различий изображения снега и облачности, а также при оценке заснеженности под пологом леса. В перспективе целесообразно в дополнение к ранее названным диапазонам использование при съемке спектрального канала 1.55-1.75 мкм для более надежного различия снега и облаков при построении средних декадных карт снежного покрова, а также применение СВЧ- и ИК-датчиков для оценки мощности снежного покрова с учетом влияния топографии местности. Пространственное разрешение космических систем должно быть 0.2-1.0 км при решении задачи на федеральном уровне, 30-50 м – при решениях на региональном уровне.

Дешифрирование по многоспектральным космическим снимкам, обеспечивающее картографирование снежного покрова, проводится в несколько этапов. Вначале методом кластерного анализа (но без наземной информации) определяли статистические данные о подклассах снега, в результате которого было получено пять различных спектральных классов. Далее методом контролируемой классификации распознавали другие типы земного покрытия (вода, лес, сельскохозяйственные угодья, отражения водных поверхностей). Таким образом, при окончательной классификации было определено девять спектральных классов (рис. 2). При этом использовали только канал 5 (0.62-0.67 мкм).

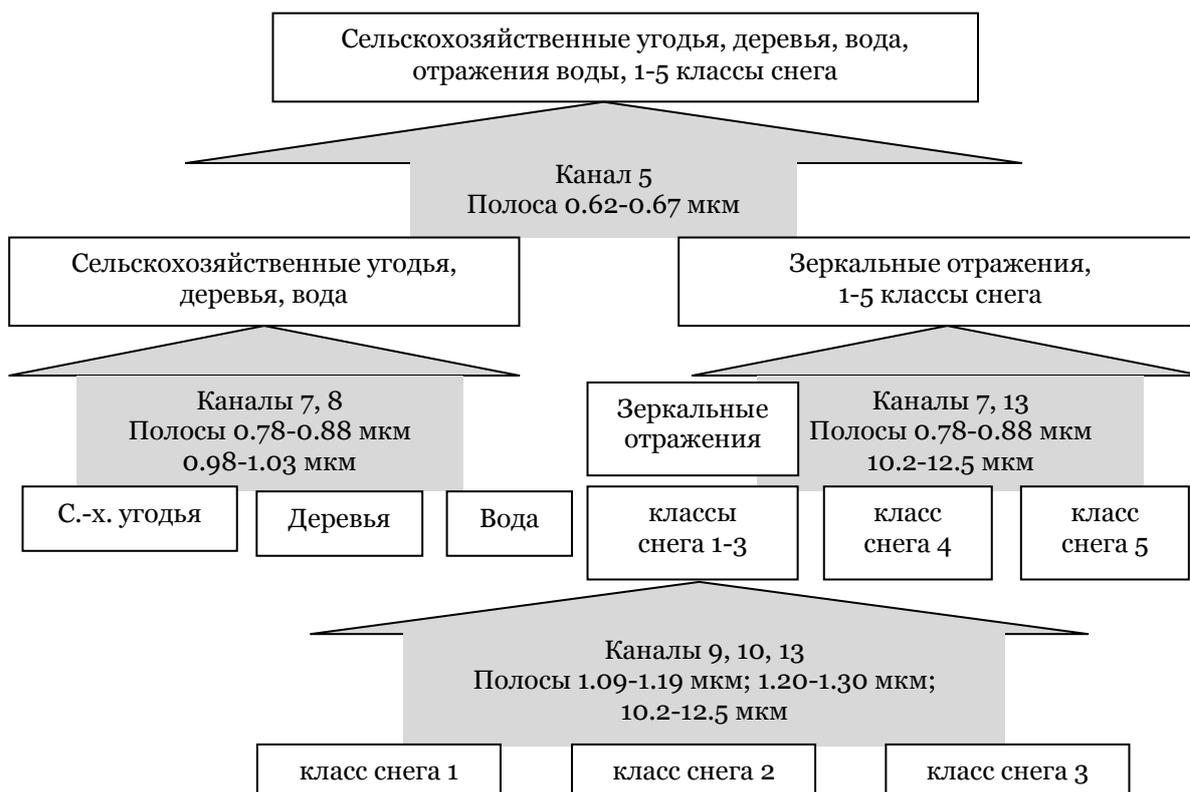


Рис. 2. Классификация объектов при дешифрировании снежного покрова

По материалам дешифрирования снежного покрова и снегомерной съемки было установлено, что лесные полосы способствуют равномерному распределению снега по поверхности полей. Наибольшая высота снежного покрова (46–72 см) приходится на зону удаления от лесной полосы на 0–100 м, затем высота постепенно снижается на удалении до 200–300 м и далее остается практически неизменной (табл. 1).

Таблица 1

Изменение запасов воды в снеге по зонам влияния лесных полос (в среднем за 2001–2011 гг.)

Агрофон	Показатель	Расстояние от лесной полосы, м					
		0–100	101–200	201–300	301–400	401–500	501–600
Зябрь (чистый пар)	снег, см	47	37	34	32	32	32
	вода, мм	110	96	83	81	81	81
Озимая пшеница	снег, см	55	46	38	36	36	36
	вода, мм	118	105	89	86	86	86
Многолетние травы	снег, см	65	53	44	40	40	40
	вода, мм	137	123	100	96	96	96

Прибавка снегозапасов в зоне 0–300 м составляет на зяби 22–25%, на озимой пшенице – 28–30%, на многолетних травах – 34–36%. Увеличение содержания воды в снеге в зоне 0–300 м от лесной полосы составляет на зяби 16–20%, озимой пшенице – 20–22%, многолетних травах – 24–26%.

Определено, что на южных черноземах, сформированных на опоке, наибольшая величина весеннего смыва почвы за годы исследования отмечена на зяби (1.5 т/га) на расстоянии 600 м от лесной полосы, что на 27% больше чем в зоне 0–300 м. Под озимыми культурами смыв почвы был на 68–70% меньше, чем на зяби. Естественно, что наиболее защищенными оказались посевы многолетних трав. Максимальный смыв здесь составил 419 кг/га, что в 2.5 раза меньше, чем на зяби (рис. 3, 4).

Полезная лесная полоса оказывает существенное влияние на осеннее содержание влаги в почве по всем агрофонам (табл. 2).

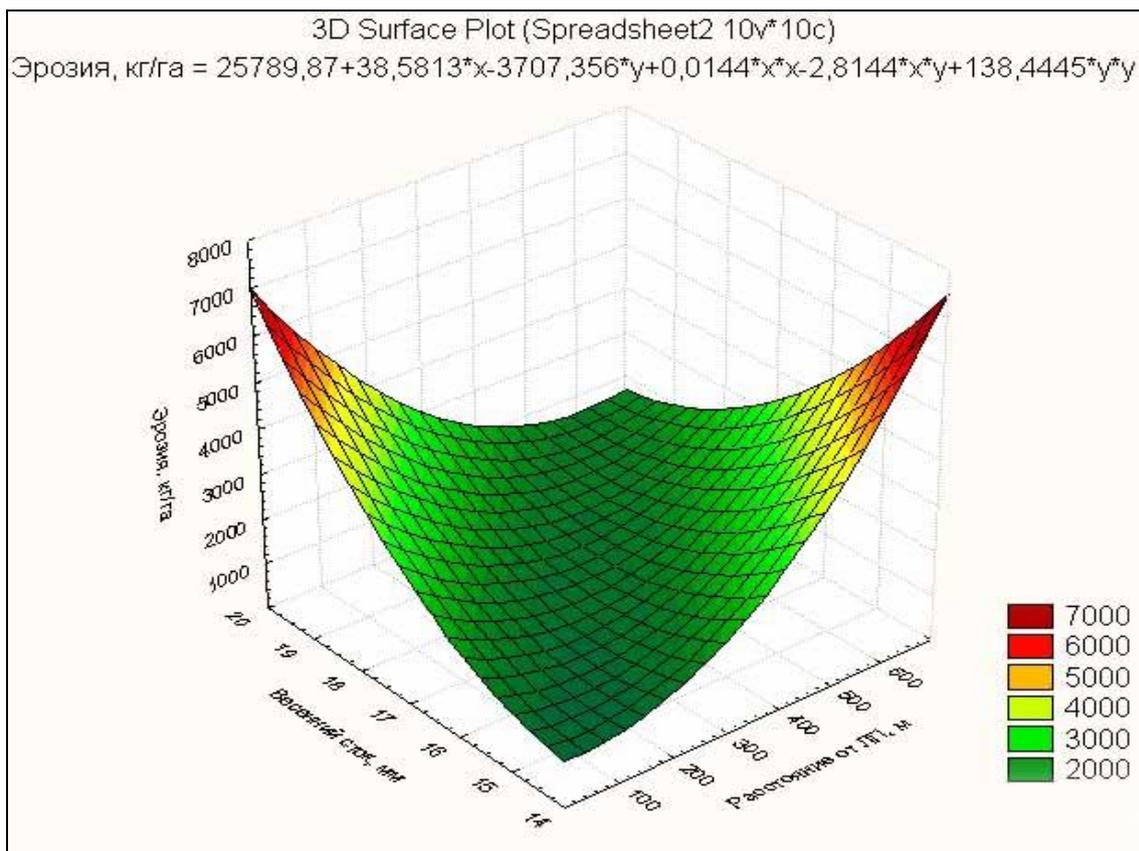


Рис. 3. Зависимость эрозии почвы от величины весеннего стока на зяби по зонам влияния лесных полос за 2001–2011 гг.

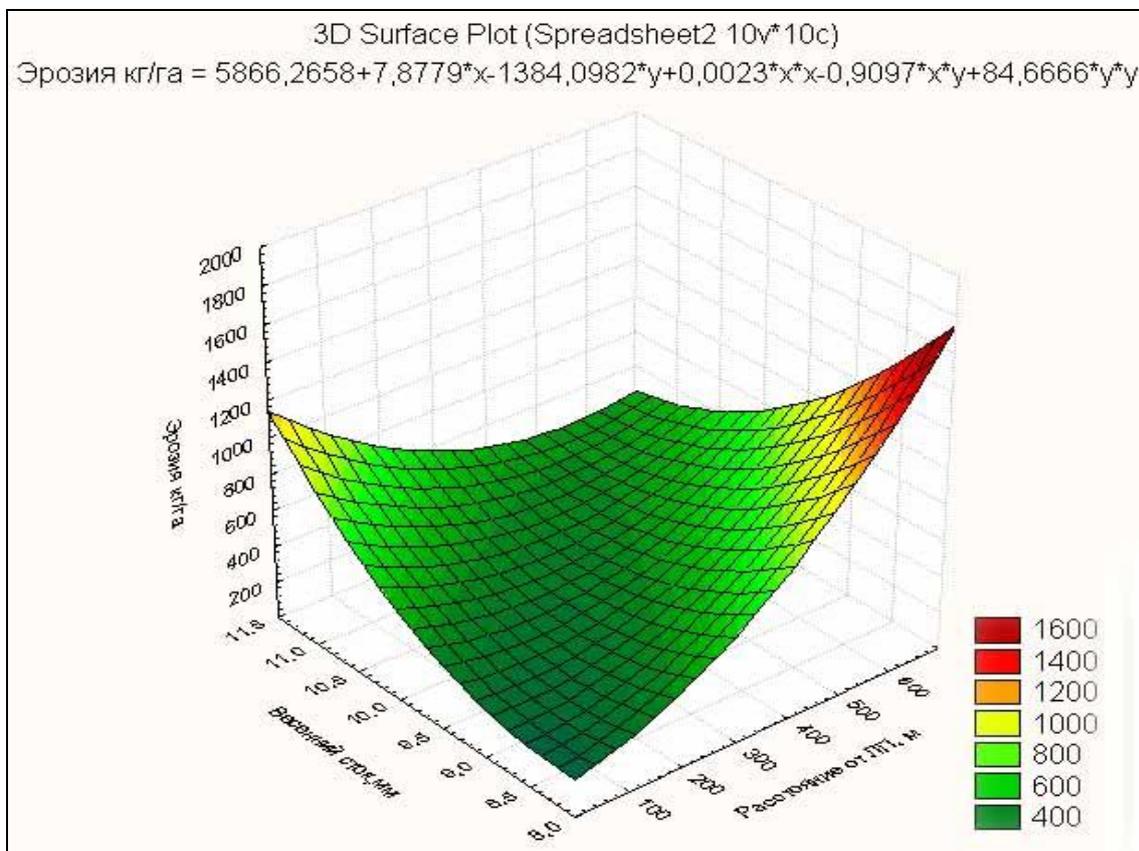


Рис. 4. Зависимость эрозии почвы от величины весеннего стока на многолетних травах по зонам влияния лесных полос за 2001–2011 гг.

Современные методы космического мониторинга агроландшафтов позволяют, несмотря на ограниченный спектральный диапазон применяемых сенсоров, проводить общую оценку влажности почв. Сравнительный анализ информативности спектральных каналов космического снимка показал, что лучше всего сырые участки почвы и границы между обводненной и необводненной территорией отображаются в зеленом канале (0.52-0.61 мкм).

В процессе обработки изображений в среде ERDAS IMAGINE были классифицированы участки, покрытые растительностью, а также сухие и влажные. В целях оптимизации результатов анализа и более четкого разделения искомых классов, маскирующее изображение было обработано скользящим окном размером 5×5 пикселей медианным фильтром. В результате была построена карта содержания влагозапасов в почве.

При изучении осенних влагозапасов использовали космические снимки, сделанные в апреле – сентябре. Было установлено, что в зоне действия лесной полосы до 300 м содержание воды в почве на 10–20% выше, чем в зоне 300–600 м. При этом наибольшие влагозапасы осенью в зоне 0–300 м были на зяби и наименьшие – на подсолнечнике в момент уборки.

Осенние влагозапасы, накопление снега на полях и уровень весеннего стока талых вод сказались на содержании воды в почве на момент сева сельскохозяйственных культур. В среднем лесополосы способствуют увеличению весенних влагозапасов на 10–16%.

Наименьшее содержание воды в почве наблюдалось на расстоянии 300–600 м в период сева подсолнечника. Наибольшие продуктивные влагозапасы весной в метровом слое почвы были отмечены на зяби на расстоянии 0–300 м от лесной полосы и составили 160 мм. Это превышало влагозапасы на расстоянии 300–600 м на 22%.

За годы исследований нами была выявлена роль лесных полос в формировании микроклимата территории за счет уменьшения скорости приземных воздушных потоков, изменения их направления, температуры и влажности приземных слоев воздуха, испарения с поверхности почвы и транспирации сельскохозяйственных растений.

Максимальная скорость ветра наблюдалась на расстоянии 300–600 м от лесной полосы. В зоне 0–300 м было отмечено снижение скорости ветра в среднем на 35–40%. Ветрозащитное действие лесных полос изменялось и в зависимости от периода вегетации сельскохозяйственных культур, увеличиваясь пропорционально высоте растений. Наибольшее снижение скорости ветра было отмечено в июле на посевах подсолнечника, по сравнению с чистым паром она была ниже на 12%. На чистом паре скорость ветра в течение всего сезона не изменялась.

Весной температура приземного слоя воздуха вблизи лесных полос была на 2–3% выше, чем на расстоянии в 300–600 м. В летние дни лесные полосы, напротив, способствовали уменьшению температуры. Так, в июле–августе средняя температура приземных слоев воздуха в 13 часов была на расстоянии 0–300 м на 1 °С ниже, чем на расстоянии 300–600 м.

Таблица 2

Изменение весенних и осенних продуктивных влагозапасов (мм) в почве в слое 1 м по зонам влияния лесных полос (в среднем за 2001–2011 гг.)

Агрофон	Время года	Расстояние от лесной полосы, м					
		0–100	101–200	201–300	301–400	401–500	501–600
Зябрь (чистый пар)	весна	160	153	136	131	131	131
	осень	72	61	53	51	51	51
Озимая пшеница	весна	138	124	118	116	116	116
	осень	62	53	47	45	42	42
Яровая пшеница	весна	175	165	159	149	149	149
	осень	41	37	33	32	32	32
Многолетние травы	весна	147	140	129	126	126	126
	осень	23	19	17	16	16	16
Подсолнечник	весна	105	94	90	88	88	88
	осень	30	25	23	22	22	22

Положительное влияние лесных полос на скорость и направление ветра, турбулентный обмен и температурный режим приземного слоя воздуха способствовали повышению относительной влажности воздуха в зоне 0–300 м на 3–4%. Увеличение относительной влажности воздуха с 8 до 10% отмечено в засушливые жаркие дни на полях, покрытых растительностью. В период активной вегетации на посевах многолетних трав влажность воздуха была выше на 1.2% по сравнению с паровым полем.

Регулирование водного баланса и микроклимата территории с помощью защитных лесных насаждений благоприятно отражается на росте и развитии сельскохозяйственных культур и способствует повышению их урожайности. На рис. 5, 6 показана зависимость урожайности озимой пшеницы от коэффициента весеннего стока и величины доступной влаги в почве по зонам влияния лесных полос.

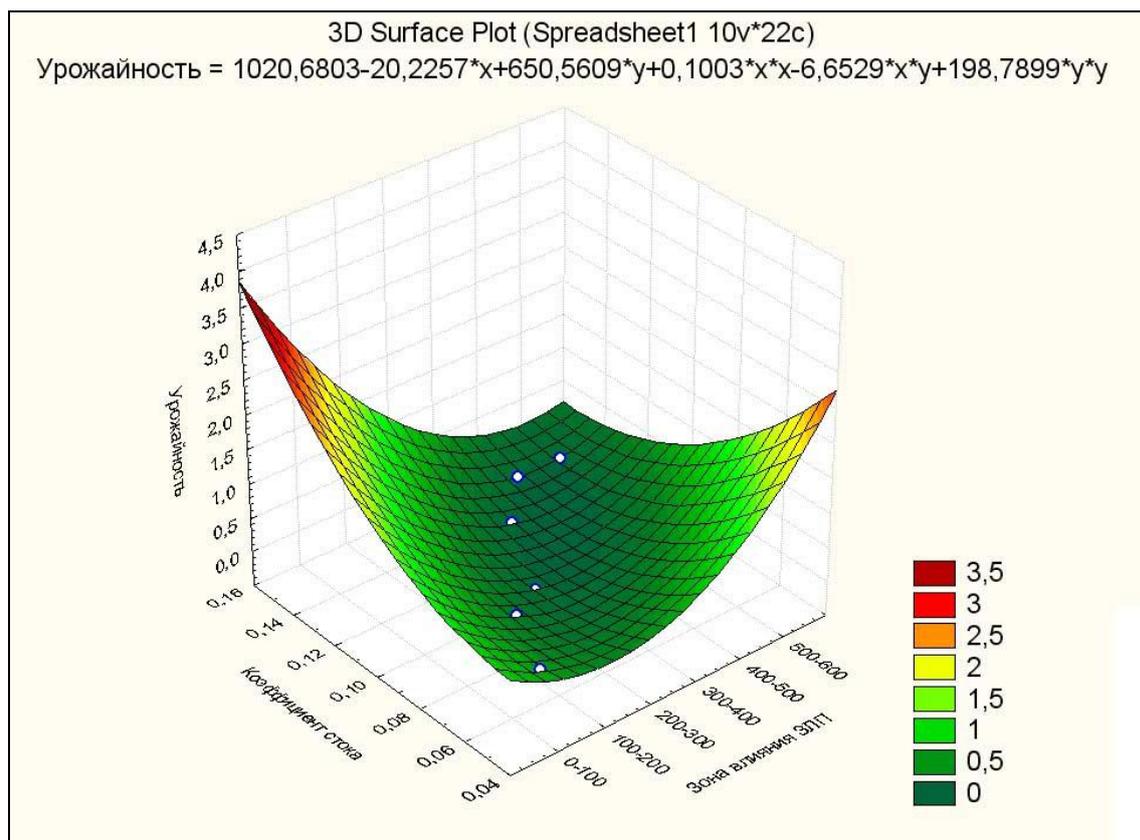


Рис. 5. Зависимость урожайности озимой пшеницы от коэффициента весеннего стока по зонам влияния лесных полос за 2001–2011 гг.

Наибольшие прибавки урожайности под защитой лесных полос были получены в годы исследований при возделывании в севооборотах озимой пшеницы (0.25 т/га) и многолетних трав на сено (0.31 т/га), наименьшие – на посевах яровых культур на зяби – яровой пшеницы 0.21 т/га и подсолнечника 0.18 т/га (табл. 3).

Таблица 3

Формирование урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием лесных полос, т/га (в среднем за 2001–2011 гг.)

Культура	Расстояние от лесной полосы, м						НСР ₀₅ , т/га
	0–100	101–200	201–300	301–400	401–500	501–600	
Озимая пшеница	2.56	2.30	2.09	2.06	2.06	2.06	0.02
Яровая пшеница	2.05	1.74	1.69	1.69	1.69	1.69	0.02
Многолетние травы	2.38	1.97	1.75	1.72	1.72	1.72	0.03
Подсолнечник	1.42	1.14	1.10	1.10	1.10	1.10	0.23

Влияние всех факторов на сельскохозяйственную культуру проявляется в ее спектральных характеристиках. С точки зрения прогноза урожая все данные дистан-

ционного зондирования можно разделить на две группы: 1) данные или рассчитанные по ним характеристики, которые непосредственно связаны с урожаем, 2) косвенные данные, по которым оцениваются биометрические параметры, используемые для расчета урожая. Динамику развития растительного покрова можно оценить по одному из спектральных индексов (отношение БИК/красный, «зеленый цвет», NDVI). Такое поведение временного профиля будет наблюдаться и для любого другого спектрального индекса, полученного по результатам измерений в красном и ближнем инфракрасном диапазонах.

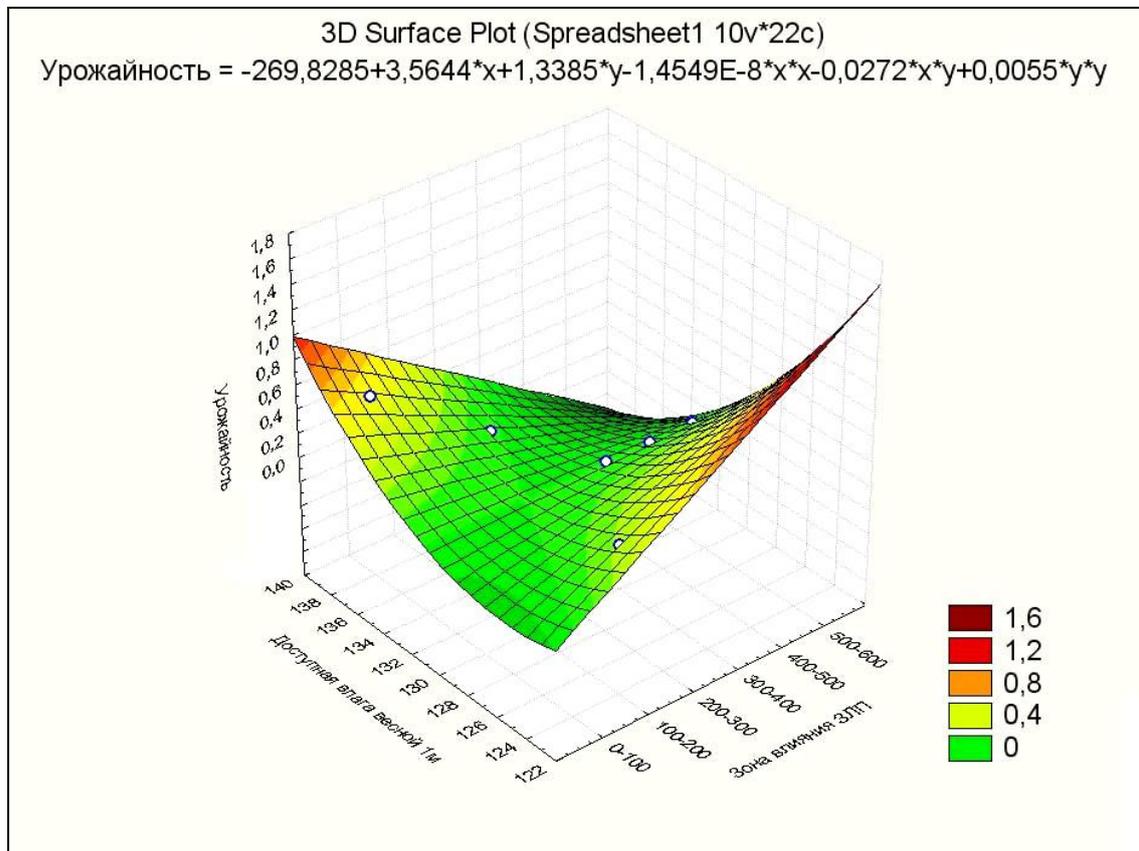


Рис. 6. Зависимость урожайности озимой пшеницы от величины доступной влаги в почве по зонам влияния лесных полос за 2001–2011 гг.

Для определения корреляционной зависимости между урожаем и спектральным индексом используют данные космической съемки в период наибольшего развития растительного покрова, а также различные параметры профиля. При этом различают два подхода: на основе отдельных измерений и на основе измерения полного временного профиля [4].

При использовании отдельных измерений в процессе создания математической модели для оценки урожая необходимо внести ряд поправок, среди которых наиболее важными являются: 1) поправки на разные даты сбора информации (рассчитываются с помощью временного профиля) и 2) поправочные коэффициенты для спектральной яркости в зависимости от используемого сенсора. Регрессионная зависимость между урожаем и спектральными характеристиками определяется на основе предшествующих данных.

В нашем исследовании интегральным показателем развития растительности выбран нормализованный вегетационный индекс (NDVI) (рис. 7). NDVI является общепринятым индикатором «зеленого» в отраженном от поверхности Земли солнечном излучении, то есть индикатором участков с зеленой растительностью. NDVI рассчитывается как отношение разности яркости пикселей изображения в инфракрасном (ИК) и красном (К) диапазонах спектра к их сумме.

$$NDVI = (ИК - К) / (ИК + К) \quad (3)$$

При этом, чем большее значение данного индекса, тем более яркая растительность и в лучшем состоянии она находится. Расчет NDVI, для любого пикселя на снимке, позволяет получить карту NDVI. С помощью карты NDVI проводится оценка вегетационного состояния земной поверхности. Для расчета NDVI территории использовали следующую формулу:

$$NDVI = (ИК - К) / (ИК + К) \quad (3)$$

где: 1 канал – видимый диапазон (длина волны – 0.58-0.68 мкм); 2 канал – видимый диапазон (длина волны – 0.725-1.1 мкм).

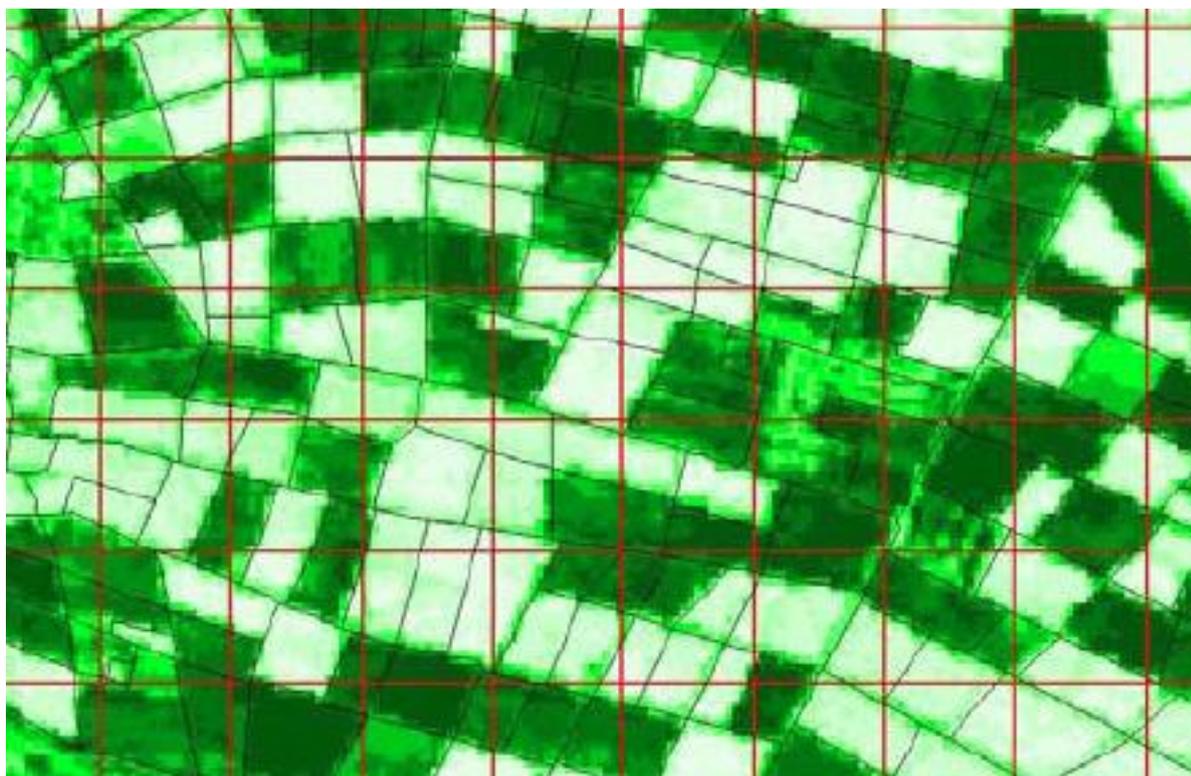


Рис. 7. Расчет градации NDVI по космическому снимку с Landsat

Наиболее полное использование влаги на создание урожая происходило в зоне влияния лесных полос до 100 м. С удалением от лесных полос их действие ослабевает, увеличивается коэффициент водопотребления всех сельскохозяйственных культур. На расстоянии от 300 до 600 м коэффициент водопотребления был наибольшим и составил 900 м³/т в посевах озимой пшеницы, 1570 м³/т – яровой пшеницы, 1002 м³/т – многолетних трав и 1822 м³/т – подсолнечника [5].

Для оценки эффективности использования воды нами были рассчитаны коэффициенты водопотребления по вариантам опыта (табл. 4).

На основании проведенных исследований было выявлено положительное влияние защитных лесных насаждений на пашню и агроландшафт в целом. Но полезащитная лесистость ЗАО «Синеньское» составляет всего 3.6%. При этом защищено лесными полосами только 63.4% пашни, что не способствует агроэкологической стабильности землепользования.

Таким образом, на основании проведенных исследований в целях улучшения состояния агроландшафтов Приволжской возвышенности, охраны и защиты южных черноземов, уменьшения смыва почвы с 10 до 0.3 т/га при организации территории сельскохозяйственных предприятий предлагается уменьшить расстояние между основными и продольными лесополосами при прямоугольном проектировании лесных полос и границ полей с 1000 до 300 м с введением контурных лесных полос при агроландшафтном зонировании территории и устройстве экологических каркасов.

Эколого-ландшафтное размещение лесных полос в зоне их влияния до 300 м способствует большому накоплению снега (на 17–20 см или 37%), повышению влажности почвы на 22 мм (16%), улучшению микроклимата полей (повышается температура воздуха весной в период заморозков в защищенной зоне на 2 °С, в засуху снижается температура воздуха на 1.2 °С и повышается его влажность на 8%), повышению урожайности яровых культур на расстоянии до 200 м: яровой пшеницы на 0.21 т/га (12%), подсолнечника – 0.18 т/га (17%), а озимой пшеницы и многолетних трав до 300 м соответственно на 0.25 т/га (14%) и 0.31 т/га (19%), снижению коэффициента водопотребления яровой пшеницы до 180 м³/т (на 12%), озимой пшеницы – 144 м³/т (на 16%), подсолнечника – 357 м³/т (на 20%) и многолетних трав – 212 м³/т (на 21%) [6].

Размещение лесных полос через 300 м позволит защитить пашню на 100%, приведет к увеличению коэффициента устойчивости агроландшафта с 0.4 до 0.6, соотношению площадей угодий с учетом их экологической ценности с 0.32 до 0.33, плотности экотонов с 90 до 135, экологического разнообразия территории с 6.5 до 15.5, полезной облесенности с 3.6 до 5.4%, что обеспечит экологическую стабилизацию агроландшафта.

Таблица 4

**Коэффициенты водопотребления культур под влиянием лесных полос, м³/т
(в среднем за 2001–2011 гг.)**

Культура	Расстояние от лесной полосы, м						НСР ₀₅ , м ³ /т
	0–100	101–200	201–300	301–400	401–500	501–600	
Озимая пшеница	756	814	891	900	900	900	2.6
Яровая пшеница	1290	1483	1521	1570	1570	1570	2.0
Многолетние травы	790	930	1000	1002	1002	1002	2.5
Подсолнечник	1455	1762	1819	1822	1822	1822	2.1

Помимо увеличения полезной лесистости на пашне необходимым является расширение в агроландшафте и на смежных землях площади экологического фонда земель, в том числе за счет природных биоценозов. Для более оперативного и обоснованного расширения региональной сети ключевых природных территорий и формирования экологического каркаса показала свою перспективность интеграция геоинформационных технологий и данных ДЗЗ [7].

Использование современных средств дешифрирования данных дистанционного зондирования территории позволяет повысить точность и улучшить качество картографической документации, сократить сроки проектно-изыскательских работ в 2 раза [8].

Список литературы

- Goleusov P.V., Lisetskii F.N. Soil development in anthropogenically disturbed forest-steppe landscapes // Eurasian Soil Science. – 2008. – V. 41. – № 13. – P. 1480-1486.
- Kochetov I.S. Lukin S.V. Lisetsky F.N., Martsinevskaya L.V. The energy efficiency of the adaptive-landscape farming system in the Central Chernozem Region. An estimation // Russian Agricultural Sciences. – 2000. – Part 11. – P. 25-31.
- Ковалева Т.Н. Противоэрозионная организация территории при адаптивно-ландшафтном обустройстве земель степи Приволжской возвышенности: автореферат дис. канд. экон. наук : 08.00.05, 06.01.02. Воронеж, 2006. – 24 с.
- Брыксин В.М., Евтюшкин А.В. Технология прогнозирования урожайности зерновых культур на основе данных космического мониторинга и моделирования биопродуктивности // Обратные задачи и информационные технологии рационального природопользования: материалы IV научно-практической конференции. – Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. – С. 181-186.
- Воздействие системы лесных полос на экологические факторы среды и урожайность культур севооборота в степи Приволжской возвышенности / П.Н. Проездов, Б.И. Туктаров, Л.В. Колесникова, А.И. Разаренов, Т.Н. Ковалева // Вестник Саратовского аграрного университета им. Н.И. Вавилова. – 2006. – № 3. – Вып. 2. – С. 14-16.
- Туктаров, Б. И. Почвозащитный комплекс и продуктивность сельскохозяйственных культур в ландшафтном землеустройстве на Приволжской возвышенности / Б. И. Туктаров,



А. В. Лысов, Т. Н. Ковалева, Р. Р. Ахмеров, С. С. Козлов // Вестник Саратовского госаграрного университета им. Н. И. Вавилова. – 2006. – № 3. – Вып. 2. – С. 14–18.

7. Прохорова О.В., Лисецкий Ф.Н. Применение геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли для расширения сети ООПТ (на примере степных ландшафтов Воронежской области) // Вестник Воронежского государственного университета. – Серия: География. Геоэкология. – 2011. – №1. – С. 184-187.

8. Ковалева Т.Н. ГИС-технологии и их применение в сельском хозяйстве // Вавиловские чтения – 2003: матер. межрегиональной научной конференции молодых ученых и специалистов системы АПК Приволжского федерального округа. Секция земледелия / Саратовский ГАУ. – Саратов, 2003. – С. 14–15.

STUDYING OF ELEMENTS OF WATER BALANCE OF TERRITORY WITH USE OF DATA OF SPACE MONITORING FOR LAND MANAGEMENT OF AGRICULTURAL LANDSCAPES

F.N. Lisetskii¹
T.N. Kovaleva²

¹Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Liset@bsu.edu.ru

²Saratov State Agrarian University Teatralnaya sq., 1, Saratov, 410012, Russia

E-mail: tnk2003@list.ru

Prospects of use of spectral satellite images to determine the dependence of water balance elements of fields of crop rotation from agronomic background and location of the field protective forest plantations are considered in the article. The experience of joint application of remote sensing data of the area and observations by satellites is shown. Recommendations for designing forest strips, which regulate the water flow, in the development of agricultural landscapes were given.

Key words. land management, agricultural landscapes, mapping, interpretation of satellite images, the waters of the balance sheet, vegetation index.