

УДК 528.88

# ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ НА ОСНОВЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

О.В. Рухович  
ВНИИ агрохимии  
Россия, Москва

Современные системы земледелия направлены на рациональное использование земель и оптимизацию агротехнологий применительно к сложившимся и ожидаемым почвенно-климатическим и агроэкологическим условиям с целью получения высоких и устойчивых урожаев экологически чистой растениеводческой продукции. Круговорот веществ и энергии в данных системах происходит при обязательном участии человека, но природно-климатические факторы определяют судьбу агроэкосистем не в меньшей степени, чем технологические воздействия.

Во ВНИИ агрохимии разработана методология расчета моделей урожайности сельскохозяйственных культур для отдельных областей России, которая основана не на субъективном опыте и авторских предпочтениях, а на независимой объективной оценке различных факторов влияния на получение урожая методами линейной и нелинейной множественной регрессии. Для расчета урожайности создан электронный ресурс, объединяющий результаты наземных географически привязанных наблюдений в агрохимических опытах, проводимых по единой методике, начиная с 60-х гг. XX в. (база данных полевых опытов с удобрениями «Агрогеос») [1] и набор сопряженных с ними ландшафтных - расширенная система 18-ти количественных характеристик рельефа – морфометрических величин (МВ) [2], почвенных и климатических данных, обрабатываемых с применением соответствующего количественного анализа - регрессионного анализа пространственной изменчивости различных параметров урожая на основе нескольких ГИС. Результаты расчетов представляются в виде карт урожайности

Эта методология была применена к озимой пшенице на западе Окского бассейна [2]. С помощью методов множественной регрессии выявлены связи характеристик урожайности с рельефом, климатом и географическим положением (широтой и долготой), на их основе рассчитаны матрицы характеристик потенциальной урожайности (разрешения 600 м в плане), проведены верификация моделей, построены карты.

Источники данных для расчета моделей характеристик урожайности:

О культурах - электронные базы данных полевых опытов с удобрениями Геосети и Агрохимслужбы «Агрогеос» по различным культурам и качеству урожая ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова. Для этих целей была создана единая электронная база данных результатов полевых опытов с удобрениями Агрохимической службы и Географической сети – БД«Агрогеос» на основе архива данных более чем за 40-летний период по опытам, проводимых в различных почвенно-климатических зонах – областях России и бывших Советских республиках, с разными культурами, со всевозможными изучаемыми факторами и схемами опытов, применением удобрений.

Отличительная их особенность- они проводились на территории бывшего СССР с 60х до середины 90 годов по единой методике, что позволяет их усреднять по годам и культурам. Для получения координат опытных участков использовались данные компьютерных карт Google Earth и SAS .

Для моделирования пространственного распределения различных показателей урожая в агроландшафтах с рельефом были специально отобраны из базы данных «Агрогеос» и проанализированы материалы полевых опытов с озимой пшеницей, проводившихся в разные годы и расположенных в пределах бассейна реки Оки. Бассейн реки Оки является относительно замкнутой природной системой, а для ее составляющих присущи взаимозависимость и взаимодействие.

О рельефе – матрица высот SRTM30 с разрешением 30". По ней также рассчитывались матрицы 18-ти других характеристик рельефа – морфометрических величин, которые обуславливают процессы, происходящие в агроландшафте – освещенность, теплорежим склонов, интенсивность и направление потоков веществ, микроклиматические особенности территории и т.д.

О климате – матрицы средних многолетних осадков и температур для каждого месяца. По ним также рассчитывались матрицы сезонов и среднегодовые [3].

Факторы, влияющие на урожайность, делятся на две большие группы – природные (климат, рельеф, почвы и т.д) и агрохимические – (применение удобрений, средств защиты растений, интенсивность технологий возделывания и т.д.). Рассмотрим вначале природные факторы, независимые от человека и обуславливающие потенциальную урожайность.

В качестве примера результата моделирования представлена одна из карт – карта эффективности применения удобрений для озимой пшеницы для бассейна р. Оки – относительно замкнутой природной системы, для ее составляющих присущи взаимозависимость и взаимодействие.

Если рассмотреть более подробно представленную карту, то красные ареалы – участки с ожидаемой прибавкой урожая более 10ц/га, желтые – менее 5ц/га. Между выделенными ареалами наиболее вероятная прибавка 5 – 10 ц/га. Это связано исключительно с природными особенностями территории.

Такие карты (рис. 1) могут быть интересны для расчета прогнозируемой окупаемости затрат на применение удобрений.

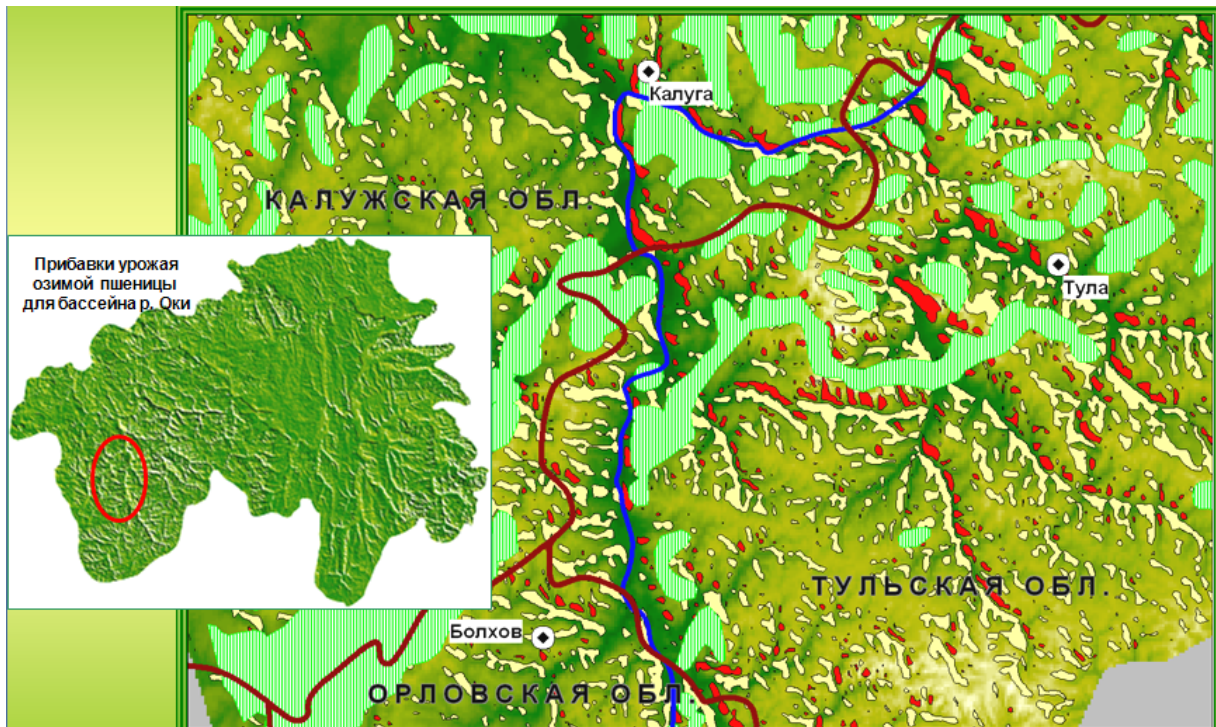


Рис. 1. Области прибавок урожая озимой пшеницы, прогнозируемые для юго-западной части Окского бассейна.

Также вызывает интерес оценка урожайности для уровней района, хозяйства, поля. В настоящей работе анализируется оценка урожайности озимой пшеницы рассчитанная на основе полученной в [2] матрицы для уровней районов, хозяйств, полей Московской области, расположенной на территории Окского бассейна (рис. 2).

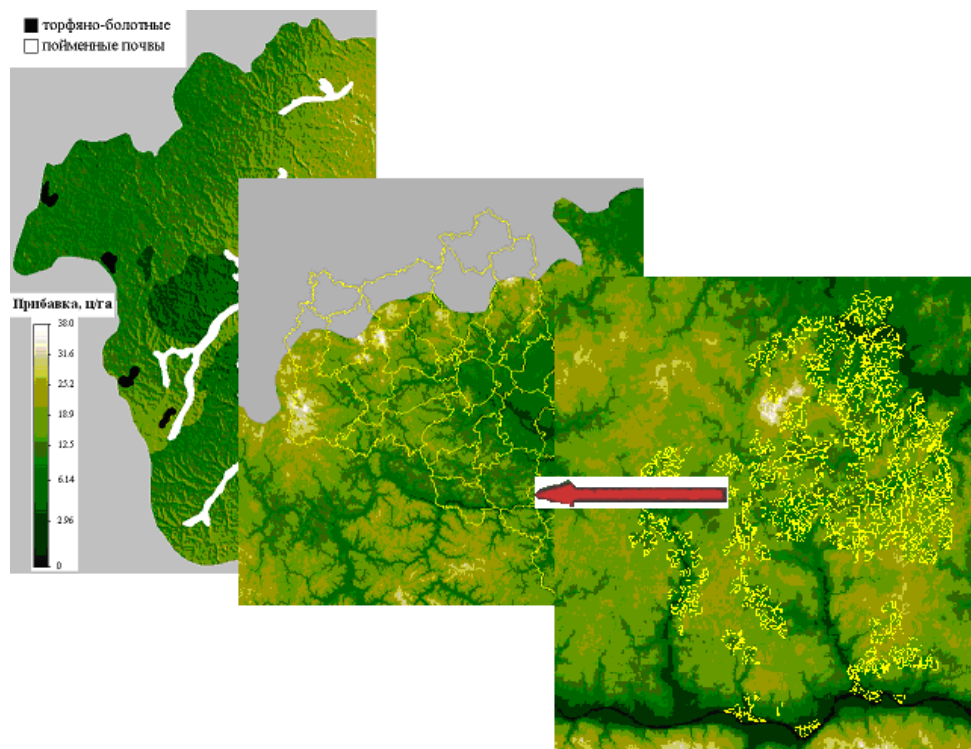
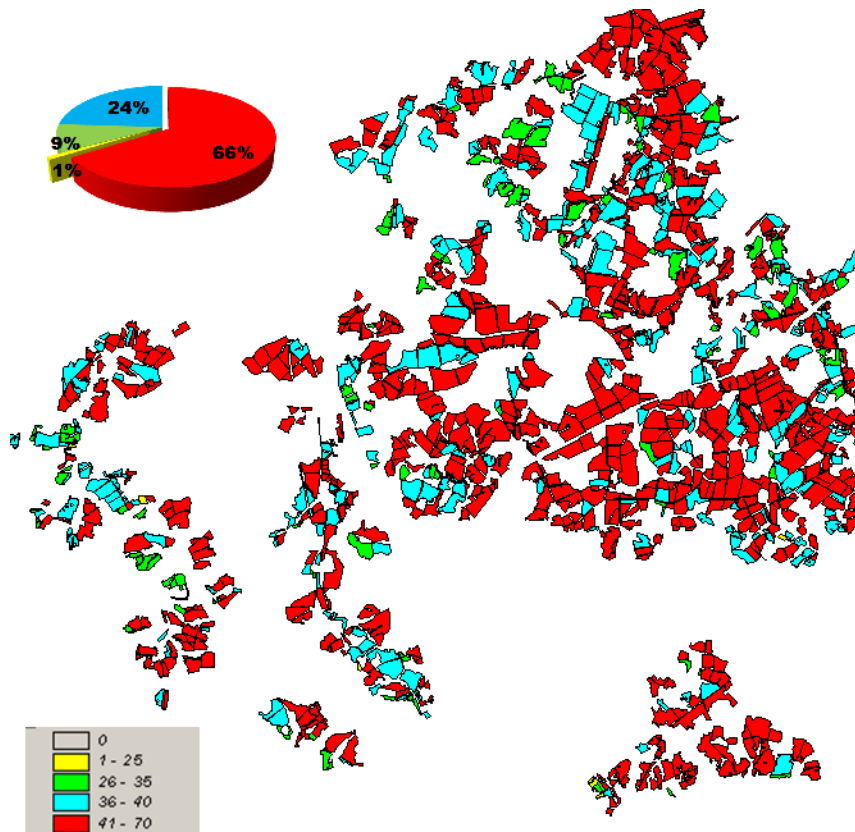


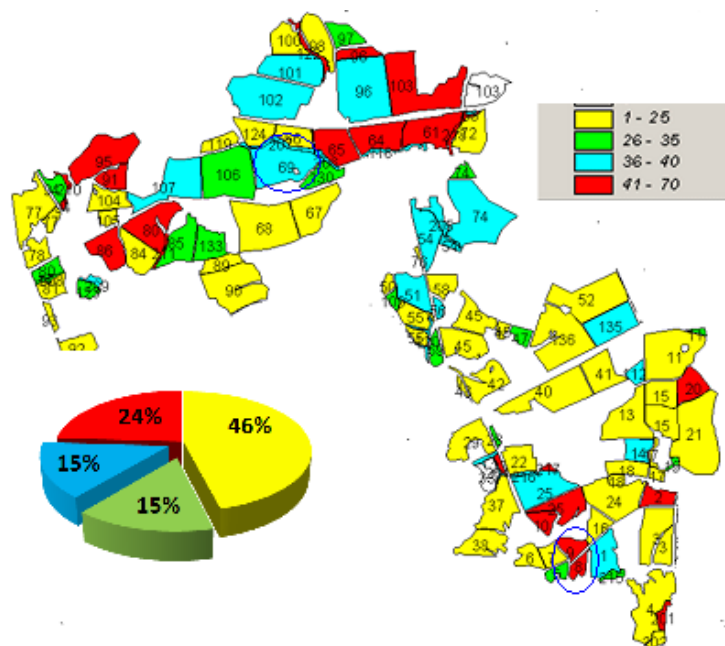
Рис. 2. Построение предсказательной карты для уровней района, хозяйства, поля на основе предсказательной карты регионального уровня.

На рис. 3 представлена предсказательная карта Ступинского района Московской области, реализованная в ГИС ArcView. Виден достаточно большой разброс в данных, можно оценить эффективность применения удобрений в целом для Ступинского района.



**Рис. 3.** Ландшафтно обусловленная и климатически обеспеченная урожайность озимой пшеницы, ц/га в хозяйствах Ступинского района Московской области.

На рис. 4 представлена карта урожайности для отдельного хозяйства. В среднем – половина полей обладает высоким потенциалом урожайности озимой пшеницы. Необходимо еще раз отметить, что этот потенциал урожайности обусловлен только природными особенностями территории, т.е. расположением полей.



**Рис. 4.** Карта ландшафтно обусловленной и климатически обеспеченной урожайности озимой пшеницы, ц/га, хозяйство «Заветы Ленина», Ступинский р-н, Московская обл.

Какое место в категориях продуктивности сельско-хозяйственных угодий занимают рассчитанные по моделям характеристики урожая? Представленные результаты моделирования основаны на оценке влияния рельефа, климата и почв на получение близкой к максимальной урожайности в производственных условиях возделывания культур, поскольку основой для расчетов являются результаты полевых опытов с удобрениями, полученные в оптимальных для культуры условиях. Таким образом, рассчитанные по моделям характеристики урожая являются ландшафтно обусловленными и климатически обеспеченными.

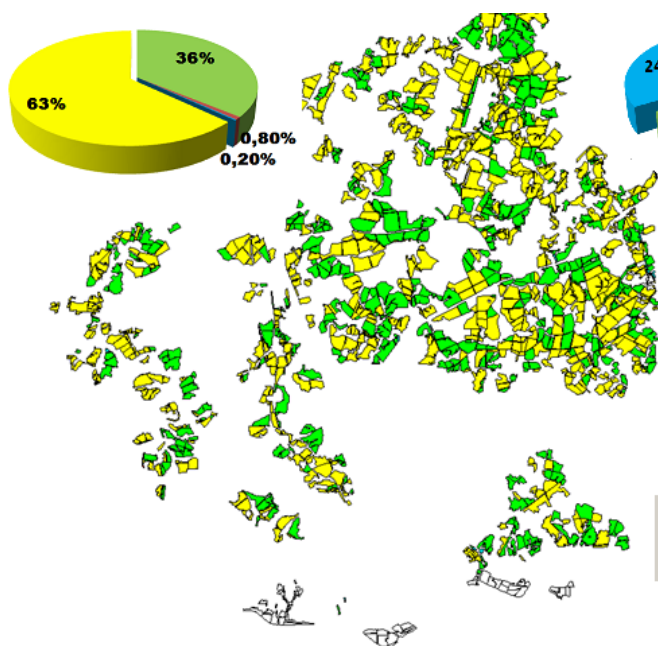
Ландшафтно обусловленная и климатически обеспеченная урожайность сопоставима с потенциальной урожайностью, которая рассчитывается на основе значений ФАР, (зависимой от интенсивности светового излучения). Это факт позволяет использовать ландшафтно обусловленную и климатически обеспеченную урожайность для расчетов действительно возможной урожайности при прогнозировании урожаев.

Но на урожайность влияют еще плодородие почв каждого отдельного поля. Оно может значительно отличаться друг от друга в связи с разной историей полей, различной интенсивностью технологий выращивания и предшественниками. В таблице 1 представлен элемент системы поправочных коэффициентов для пересчета урожайности для отдельных полей внутри хозяйства. Для возможности использовать эту систему необходимо иметь информацию для каждого поля о гранулометрическом составе, а также величинах гумуса, рН и подвижного фосфора.

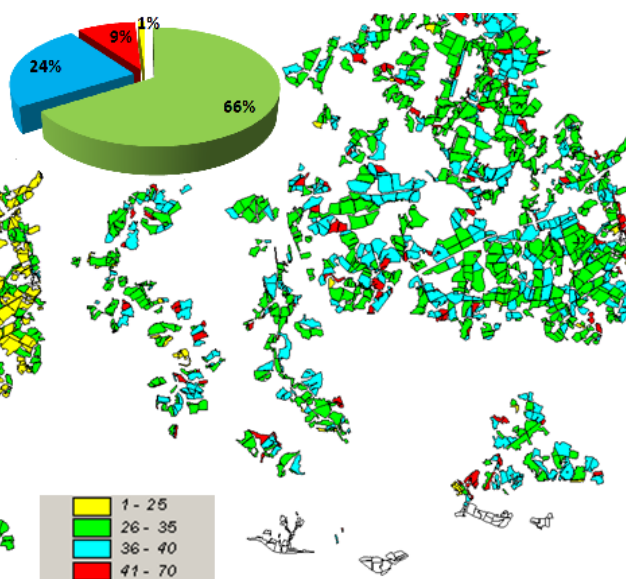
**Таблица 1.** Элемент системы поправочных коэффициентов для пересчета урожайности для отдельных полей внутри хозяйства

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1												
2					яровые зерновые		озимая			травы		
3	Гранулометр. состав	Гумус, %	pH	P2O5, мг н	овес	ячмень	пшеница	картофель	однолетн	многолетн	пастбища	
4	Почвы дерново-подзолистые окультуренные											
5	Песчаные	<1,5	<4,5	< 5	10	10	10	10	10	10	10	
6				5+15	10	10	10	10	10	10	10	10
65	Супесчаные	<1,5	<4,5	< 5	10	10	10	14	10	10	10	
66				5+15	10	10	10	14	10	10	10	
125	Легкосуглинистые	<2,0	<4,5	< 5	22	22	10	18	22	22	10	
126				5+15	34	34	14	22	34	34	14	
173	Суглинистые	<2,0	<4,5	< 5	22	22	18	30	22	22	18	
174				5+15	34	34	26	34	34	34	26	
175				> 15	46	46	30	36	46	46	30	
221	Тяжелосуглинистые и глинистые	<2,0	<4,5	< 5	14	14	10	10	14	14	10	
222				5+15	22	22	10	10	22	22	10	
223				> 15	30	30	10	10	30	30	10	
224				4,5-5,0	< 5	26	26	10	14	26	26	10

Например, на рис. 5 и 6 представлены карты урожайности озимой пшеницы для Ступинского района как результат моделирования гипотетической ситуации, что параметры плодородия на всех полях хозяйства одинаковые. Тогда очень хорошо видно, какие поля и как ответят урожайностью на эту ситуацию. Диаграмма показывает долю полей с разным уровнем урожайности.



**Рис. 5.** Действительно возможная урожайность озимой пшеницы, ц/га в хозяйствах Ступинского района Московской области при содержании гумуса = 2,0-3,0 %; pH = 4,5-5,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=100-200 мг/кг .



**Рис. 6.** Действительно возможная урожайность озимой пшеницы, ц/га в хозяйствах Ступинского района Московской области при содержании гумуса = 2,0-3,0%; pH = 5,0-6,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> >200 мг/кг .

Возможность применения технологии той или иной интенсивности для отдельных полей и культур тоже может быть оценена по картам возможной урожайности. Если на поле оказывается достаточно низкий возможный урожай, то нет смысла применять на этом поле интенсивную технологию, предполагающую серьезные вложения в удобрения, средства защиты и требующие высокого плодородия почвы. Но, с другой стороны, если на поле возможная урожайность достаточно высока, то уже сам

сельхозпроизводитель может решать, технологию какой интенсивности ему применять на этом поле, и, таким образом, более осознанно оценивать свои вложения.

Таким образом, на основании расчетной информации о получении действительно возможной урожайности, максимальной для реального уровня плодородия каждого поля, появляется возможность выбора оптимальной технологии возделывания с/х культур в зависимости от потребностей и финансовых возможностей пользователя.

## Список литературы

1. Сычев В.Г., Рухович О.В., Романенков В.А., Беличенко М.В., Листова М.П. Опыт создания единой систематизированной базы данных полевых опытов Агротехслужбы и Геосети «Агрогеос» // Проблемы агрохимии и экологии, 2008. № 3. С. 35-38.
2. Шарый П.А., Рухович О.В., Шарая Л.С. Методология анализа пространственной изменчивости характеристик урожайности пшеницы в зависимости от условий агроландшафта // Агрохимия, 2011. № 2. С. 57-81
3. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2005. Vol. 25, No. 15. P. 1965-1978.