

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

ГРНТИ 68.05.29, 68.33.29

В.М. Красницкий¹, А.Г. Шмидт¹

ЭЛЕМЕНТЫ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр агрохимической службы «Омский», 644012, г. Омск, пр. Королева, 34, Россия, e-mail: krasnitsky@omsknet.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оценки состояния плодородия пахотных почв с использованием различных элементов мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Установлено, что по результатам более чем полувекового мониторинга земель сельскохозяйственного назначения агрохимической службой в Омской области отмечается тенденция к снижению показателей плодородия почв. Использование минеральных удобрений в годы интенсификации компенсировало вынос элементов питания сельскохозяйственными культурами, а по некоторым элементам в частности P_2O_5 достигало положительного баланса. В настоящее время тенденции к применению минеральных удобрений в Омской области отмечаются в положительную сторону, что позволяет региону удерживать лидирующие позиции в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: плодородие, мониторинг, почвы, урожайность, безопасность, тяжелые металлы.

Ценность земли как ресурса заключается в том, что земля может выступать как средство производства (посевные площади, сады и пр.), как объект отраслевого законодательства, как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Продуктивность ее определяется плодородием - способностью удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе, воде, тепле, биологической и физико-химической среде и обеспечивать урожай сельскохозяйственных культурных растений при хорошем качестве продукции.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений, формирования урожая и его качества, недопущения деградации земель.

При удовлетворении потребности сельскохозяйственных культур с

учетом их биологических особенностей в питательных элементах и при возделывании высокопродуктивных, адаптированных к местным условиям сортов при высоком уровне агротехники возможно повышение урожайности в 2 раза и более.

Достаточно хорошо известно, что в отличие от естественных биогеоценозов с относительно замкнутым циклом биогенных элементов в агроценозах происходит разрыв этого цикла из-за отчуждения питательных веществ с урожаем, снижения их доступности растениям, потерь в результате стока, эрозии, денитрификации, инфильтрации и т.д. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов.

Систематическое наблюдение, изучение, анализ этих процессов и принятие необходимых мер составляют основу мониторинга. По существу, это сложное комплексное исследование большого количества

сопряженных факторов, обеспечивающее соблюдение главного принципа, в соответствии с которым развитие природы и цивилизации, взаимодействуя, должно обогащать друг друга, обеспечивая биосферосовместимость и высокое качество жизни человека.

В этой связи особенно актуальны высказывания Ю. Либиха о поступательном развитии мониторинга плодородия почв и химизации земледелия: «Ни одна техническая деятельность для своего успешного развития не требует большего объема знаний, чем сельское хозяйство, и вместе с тем нигде нет большего невежества, чем в сельском хозяйстве» и «...Чтобы сохранить плодородие почвы, ей должно возвращать все, у нее взятое. Если взятое не будет возвращено полностью, то нельзя рассчитывать на получение вновь таких же урожаев; урожаи могут быть повышены путем увеличения содержания в почве упомянутых составных частей».

Плодородие почв включает не только все виды ресурсов, необходимых растению за вегетационный период, но и доступность их растениям. Считается, что интегральным показателем эффективного плодородия почв являются урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность кормовых угодий, качество продукции растениеводства при соблюдении нормативных экологических требований.

Достаточно очевидно, что планы природоохранных мероприятий, мероприятий по оптимальному использованию земельного фонда, контроль за состоянием и воспроизводством почвенного плодородия, их реализация могут быть осуществлены только на основе полной информации о состоянии окружающей среды и, особенно, почвенного покрова.

Дать полную и объективную оценку состояния плодородия почв может агрохимическая служба, так как за более чем полувековой период ее существования был собран достаточно большой объем информации по динамике плодородия почв как Российской Федерации, так и Омской области.

Почвенный покров региона отличается большой пестротой почв, имеющих свои особенности по качеству и уровню естественного плодородия согласно зональности. Так в северной части области в районе таежно-лесной зоны располагаются низкобонитетные почвы, представленные болотными, лугово-болотными, глееподзолистыми и подзолистыми почвами. Лесостепная зона представлена зональными серыми лесными, серыми лесными глеевыми почвами, черноземами оподзоленными и выщелоченными. В южной лесостепи и степи эти почвы сменяются подтипом обыкновенных черноземов. Среди черноземов преобладают мало- и среднемощные, мало- и среднегумусовые виды с разнообразным гранулометрическим составом.

Учитывая разнообразие типов почв Омской области, их характерные особенности, определяющие уровень естественного плодородия и ценности для ведения земледелия, а также то, что на разных типах почв используются разные методики определения показателей плодородия почв в Омской области созданы и работают ФГБУ «ЦАС «Омский» в зону ответственности которого входит 3,3 млн. га пашни (21 муниципальный район) и ФГБУ «САС «Тарская» – 0,7 млн. га пашни (11 муниципальных районов).

В современных условиях комплексный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения

невозможно представить без использования систем спутниковой навигации, данных дистанционного зондирования Земли (космоснимков) использования аналитического оборудования нового поколения. Использование этих данных в комплексе с результатами наземного обследования позволяет получить достаточно информативный материал для принятия управленческих решений в различных сферах (сельскохозяйственное производство, экологическая безопасность и т.д.)

Как уже было отмечено выше агрохимической службой в рамках проведения комплексного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения проводятся работы по оценке использования земель сельскохозяйственного назначения, состоянию плодородия и оценке их безопасности.

На сегодняшний день агрохимическая служба России располагает автоматическими почвенными пробаторами, значительно сокращающими затраты труда и повышающими производительность специалистов агрохимической службы. Но все равно при работе в течение вегетационного периода их использование ограничено и специалисты агрохимии при отборе почвенных проб пользуются тростьевидными бурами при проведении крупномасштабного мониторинга.

Использование навигационных устройств позволяет при отборе почвенных проб фиксировать координаты точек отбора и в дальнейшем более точно отслеживать динамику тех или иных показателей. А современные аналитические приборы обеспечивают оперативное получение данных по результатам мониторинга с одновременным занесением в банк данных.

Хотелось бы отметить, что кроме крупномасштабного проведения работ по мониторингу земель сельскохозяйственного назначения, агрохимической службой проводятся исследования на участках локального мониторинга. Где отслеживается динамика показателей как в почвенных образцах (определяется 42 показателя), так и в растительных (20 показателей), а также исследуются качественные характеристики грунтовой и снеговой воды (17 показателей).

Агрохимической службой Омской области создана схема государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Согласно этой схеме практически на всю территорию региона по результатам мониторинга составлены электронные карты с заполнением соответствующих атрибутивных таблиц, где указываются вид угодий, возделываемая культура, данные по плодородию и безопасности обследованных почв. Создан банк данных по показателям плодородия почв с занесением архивной информации. Также проведена работа по переводу бумажных носителей почвенных карт в электронный вид (сканы почвенных карт). А также на схеме указано местоположение участков локального мониторинга о которых говорилось выше.

Переходя к результатам мониторинга, которые получены нами за более чем полувековой период начать хотелось бы с основного фактора плодородия, признаваемого большей частью исследователей в качестве, интегрального показателя которого, является содержание в почвах гумуса.

Как показывают результаты исследований, за 27 лет наблюдений по оценке агрохимической службы отмечается устойчивая тенденция к уменьшению содержания в почвах органического вещества. По состоянию

на 1 января 2019 года средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах Омской области составляет 4,98 %, а площадь почв с пониженным его содержанием (<5 %) увеличилась до 2 млн 736 тыс. га (68 %).

В почвах южной и северной лесостепи показатель средневзвешенного значения выше – 5,2 и 5,9 % соответственно. В степной и северной зонах этот показатель соответствует 4,5 и 3,5 %.

Особенно низким содержанием гумуса отличаются пахотные земли Черлакского, Нововаршавского и Русско-Полянского районов.

В северной зоне области низкое содержание гумуса отмечено в почвах Усть-Ишимского, Тевризского, Знаменского и Тарского районов.

Необходимо отметить, что имеется тесная связь между уровнем урожая и содержанием гумуса в почве. Принято считать, что на черноземных почвах, при прочих равных условиях, повышение содержания гумуса на 0,5 % обеспечивает прибавку урожая зерновых на 4-5 и более ц/га.

Второй не менее важный показатель качественной оценки плодородия почв – содержание подвижного фосфора в почве.

Пониженное содержание фосфора (<100 мг/кг почвы) в целом по области отмечено на площади 2 млн. 516 тыс. га или 60,0 % от обследованной площади пашни.

Что касается трансформации площадей по группам обеспеченности при анализе многолетних исследований выявлена не равномерная тенденция. В период интенсивной химизации был достигнут положительный баланс по фосфору, который является одним из основных элементов питания для сельскохозяйственных культур. Площадь почв с пониженным содержанием его

уменьшилась на 723 тыс. га с 2 млн 377 тыс. га в 70-80 гг. до 1 млн 654 тыс. га к 1990 гг., когда значительно увеличилось внесение фосфорных удобрений и широко использовались органические.

Резкое снижение уровня химизации и применения органических удобрений явно приостановило этот положительный процесс. После 1990 года темпы перехода почв в категорию среднеобеспеченных стали весьма незначительными, в связи с падением уровня химизации, а в дальнейшем этот процесс обернулся в противоположную сторону - уменьшением площадей с высоким уровнем и увеличением площадей с низким содержанием подвижного фосфора.

Что касается запасов подвижных форм калия в пахотных почвах области, то их положение намного благополучней, чем с фосфором.

По результатам последнего тура агрохимического обследования пахотных почв выявлено, что:

- в районах степной зоны практически 99 % пашни имеют высокое содержание калия

- в южной лесостепи таких земель более 98 %, а в целом по области 80 % (3 млн 400 тыс. га) площади с высоким и очень высоким содержанием обменного калия.

В тоже время в районах северной лесостепи положение меняется в сторону увеличения площади пашни с пониженным содержанием калия.

В районах северной зоны площадь пашни с пониженным содержанием калия более 90 %.

Наибольшие площади с низким содержанием обменного калия приходятся на дерново-подзолистые и серые лесные почвы легкого механического состава, расположенные в северной таежной и подтаежной зонах.

Сравнение результатов разных туров агрохимического обследования показывает, что во всех зонах, не смотря на высокий вынос калия урожаем сельскохозяйственных культур и низкий уровень применения калийных удобрений, содержание данного показателя в почвах практически не изменилось и находится в пределах высокого в среднем по области.

Нельзя не отметить, такой существенный показатель, как кислотность почвенного раствора. По силе своего воздействия на рост и развитие растений реакция почвенной среды выступает как главный фактор, ограничивающий урожай.

Почвы с повышенной кислотностью ($pH < 5,5$) занимают в области площадь около 625 тыс. га. Из них 206 тыс. га имеют сильно- и среднекислую реакцию среды. Высокая

кислотность отмечена в основном на дерново-подзолистых почвах. Серые лесные почвы имеют слабокислую реакцию почвенного раствора. Остальные типы почв имеют кислотность близкую к нейтральной и нейтральную.

Особо хотелось отметить группу почв с высокой кислотностью ($pH 4,5$). Они есть повсеместно почти во всех северных районах области.

В целом по оценке показателей почвенного плодородия мы провели сравнительный анализ с регионами Сибирского федерального округа. Как видно из таблицы 1 распределение фосфора и калия по группам обеспеченности почв этими элементами в Омской области и соседних регионах (Новосибирская область и Алтайский край) находится примерно на одном уровне, с небольшими отклонениями.

Таблица 1 – Распределение пахотных почв по содержанию подвижных форм фосфора и обменного калия в отдельных регионах Сибирского федерального округа

Субъект	Распределение пахотных почв по содержанию подвижного фосфора (в мг/кг почвы)					
	очень низкое < 20	низкое 21-50	среднее 51-100	повышенное 101-150	высокое 151-200	очень высокое > 200
	%	%	%	%	%	%
Алтайский край	0,3	2,0	23,3	35,6	28,8	10,0
Новосибирская	0,4	4,8	31,5	26,6	15,7	21,0
Омская	1,2	9,9	48,4	32,4	6,4	1,7
	Распределение пахотных почв по содержанию обменного калия (в мг/кг почвы)					
	очень низкое < 20	низкое 21-40	среднее 41-80	повышенное 81-120	высокое 121-180	очень высокое > 180
	%	%	%	%	%	%
Алтайский край	0	0,1	5,9	14,2	18,3	61,5
Новосибирская	0	0,3	9,1	19,5	28,2	42,9
Омская	1,2	6,7	5,4	6,4	12,0	68,4

Нельзя не отметить, такой лимитирующий фактор питания элемент, который в большинстве растений – азот. случаев выступает как основной

Азотный фонд пахотных почв Западной Сибири обладает рядом особенностей, обусловленных своеобразием биоклиматических условий. Исследованиями сибирских агрохимиков (Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П.) на черноземных почвах установлено, что уровень обеспеченности растений доступным азотом следует оценивать по содержанию нитратного азота.

Для составления прогноза потребности в азотных удобрениях специалистами агрохимической службы Омской области ежегодно поздней осенью производится отбор почвенных образцов в слое 0-40 см по основным агрофонам в базовых хозяйствах во всех природно-климатических зонах области. Данный материал дал возможность не только ежегодно определять содержание нитратного азота в пахотных почвах, но и определить среднемноголетние значения показателей под разными предшественниками.

Следует отметить, что за последние 20 лет в процессе диагностики уровня азотного питания по содержанию его нитратной формы стало заметно снижение азота даже в паровых полях, не говоря о других предшественниках. Так если по результатам исследований отобранных почвенных проб в паровых полях содержание нитратного азота составляло в среднем 23,2 мг/кг почвы, то уже к 2018 году содержание этого

элемента находится на уровне 11,3 мг/кг почвы. Связано это в первую очередь с изменением традиционной технологии подготовки парового поля, увеличением доли химического пара, достаточно высокими объемами применения соломы, в Омской области порядка одного миллиона тонн ежегодно измельчается и вносится на поля.

Отдельно хотелось бы рассмотреть и такой немаловажный фактор как экологическая и радиологическая обстановка. В рамках проводимого агрохимической службой комплексного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения проводится определение содержания тяжелых металлов (валовых и подвижных форм) и радионуклидов в почве и растительности. А также оценка гамма - фона.

Следует отметить, что по содержанию тяжелых металлов пахотные почвы Омской области оцениваются как достаточно «чистые», т.е. содержание этих элементов не превышает установленных значений ПДК (ОДК), а в большинстве случаев и не достигают их половинных значений (таблица 2). По содержанию в почвах радионуклидов почвы оцениваются как не загрязненные, а значения гамма-фона находятся на уровне естественного излучения (15 мкр/час) (таблица 3).

Таблица 2 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах Омской области (экстрагент ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4,8)

Зоны обследования, ФГБУ	Содержание, мг/кг					
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Районы степной и лесостепной зон. ФГБУ «ЦАС «Омский»	0,19	0,35	0,88	0,09	0,63	0,71
Районы северной лесостепной и северной зон. ФГБУ «САС «Тарская»	1,08	2,71	0,09	0,03	0,46	0,39
ПДК (ГН 2.1.7.2041-06)	3,0	23,0	6,0	–*	4,0	6,0
* – нет официально утвержденного значения ПДК						

Это что касается мероприятий по мониторингу плодородия и безопасности почв.

Кроме этого мы проводим работу по изучению возможности дистан-

ционной оценки качества внесения минеральных удобрений с использованием данных дистанционного зондирования земли.

Таблица 3 – Среднемноголетнее содержание радионуклидов в почвах, Бк/кг

Регион	Стронций-90	Цезий-137	Калий-40	Радий-226	Торий-232	Гамма-фон мк Р/ч
Омская область	1,2	12,6	356	18,8	22,9	11
В среднем по России	6,5	22,0	520	27	30	-

На рисунке 1 показано как на примере ФГУП «Омское» нами обработан космоснимок Landsat 8 в различном синтезе каналов и получены данные, которые наглядно показывают,

как и где вносились минеральные удобрения под различные сельскохозяйственные культуры, а также уровень их развития на соответствующем фоне.



Рисунок 1 – Пример дистанционного мониторинга за развитием сельскохозяйственных культур при применении минеральных удобрений

Затем данные были проверены путем наземного обследования и получили подтверждение данных дистанционного анализа.

К сожалению, сегодня существуют определённые ограничения на использование беспилотных летательных аппаратов для съёмки сельскохозяйственных угодий (погодные условия, облачность, наличие согласований на полеты и т.д.), что несколько сдерживает масштабное использование этих аппаратов для оперативной оценки состояния посевов.

Вся история земледелия Омской области связана с целенаправленной работой по сохранению и повышению плодородия почв, в которую входил комплекс организационно-хозяйственных и технических мероприятий: разработка и внедрение в производство влагосберегающих почвозащитных систем земледелия, культуртехническая и химическая мелиорация почв, внесение существенных объемов минеральных и органических удобрений (таблица 4).

Таблица 4 – Выполнение мероприятий по сохранению плодородия почв в Омской области

Внесено	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2018
Минеральных удобрений, кг/га	2,0	7,2	14	26	40	7,0	0,4	0,8	1,6	2,3	3,9
Органических удобрений, т/га	0,6	0,7	1,4	1,9	2,0	1,0	0,4	0,8	0,8	1,2	1,3
Известковых материалов, кг/га	60	102	227	541	749	117	-	-	-	-	-
Химическая мелиорация, тыс. га всего, в том числе:	21,4	45,5	52,9	45,8	212,3	76,1	-	-	-	-	-
Известкование, тыс. га	16,2	16,8	19	18,2	69,3	25,4	-	-	-	-	-
Гипсование, тыс. га	5,2	28,7	33,9	27,6	143	50,7	-	-	-	-	-

Увы, большая часть данных мероприятий значительно сократилась на сегодняшний день, в виду их высокой себестоимости. Это послужило источником поиска новых мероприятий для сохранения плодородия. Одними из которых являются использование соломы в качестве органического удобрения, локальное внесение минеральных удобрений и проведение различных подкормок.

В последние годы (2016-2018 гг.) государственная поддержка мероприятий по сохранению плодородия почв дала возможность увеличить

уровень применения минеральных удобрений в среднем до 3,9 кг д.в. на га пашни и органических - 1,3 тонны на га. Такой объем удобрений не применялся с начала 90-х годов, но он еще далек от оптимальной научно-обоснованной потребности минеральных и органических удобрений.

В тоже время благодаря комплексному подходу по использованию результатов мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и стратегически выверенным принимаемым решениям по сбалансированному применению

минеральных и органических удобрений, использованию современных технологий и техническому оснащению сельскохозяйственного производства Омская область ежегодно находится в первой десятке по объемам производства сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и на втором – по Сибирскому Федеральному округу. Обеспечивая полностью свои потребности в

сельскохозяйственной продукции наш регион сегодня поставляет ее на рынки стран ближнего и дальнего зарубежья.

Завершая статью хотелось бы процитировать слова Юстуса фон Любиха: «Причина возникновения и падения наций лежит в одном и том же. Расхищение плодородия почвы обуславливает их гибель, поддержание этого плодородия — их жизнь, богатство и могущество».

ТҮЙІН

В.М. Красницкий¹, А.Г. Шмидт¹

ЕГІСТІК ЖЕРЛЕРДІҢ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ ҮШІН МОНИТОРИНГ
ЭЛЕМЕНТТЕРІ

¹«Омбы» агрохимиялық қызмет орталығы» мемлекеттік бюджеттік мекемесі, 644012, Омбы қ., Королев даңғ., 34, Ресей, e-mail: krasnitsky@omsknet.ru

Мақалада ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді мониторингілеудің әр түрлі элементтерін пайдалана отырып, жыртылған топырақ құнарлылығының жағдайын бағалау мәселелері қарастырылған. Ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлердің жарты ғасырдан астам мониторингінің нәтижелері бойынша Омбы облысында агрохимиялық қызметтің топырақ құнарлылығы көрсеткіштерінің төмендеу үрдісі байқалғаны анықталды. Интенсификация жылдарында минералды тыңайтқыштарды пайдалану ауыл шаруашылығы дақылдарымен қоректену элементтерін алып тастауды өтейді, ал кейбір элементтер бойынша, атап айтқанда, P₂O₅ оң теңгерімге жетті. Қазіргі уақытта Омск облысында минералды тыңайтқыштарды қолдану үрдісі оң бағытта байқалады, бұл өңірге ауыл шаруашылығы өндірісінде жетекші позицияларды ұстап тұруға мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: құнарлылық, мониторинг, топырақ өнімділігі, қауіпсіздігі, ауыр металдар

RESUME

V.M. Krasnitsky¹, A.G. Schmidt¹

MONITORING ELEMENTS FOR ASSESSING THE FERTILITY OF ARABLE LAND

¹Federal state budgetary institution «Center of agrochemical service "Omsk"», 644012, Omsk, Koroleva ave., 34, Russia, e-mail: krasnitsky@omsknet.ru

The article deals with the assessment of the state of fertility of arable soils using various elements of monitoring of agricultural land. It is established that the results of more than half a century of monitoring of agricultural land agrochemical service in the Omsk region there is a tendency to reduce soil fertility. The use of mineral fertilizers in the years of intensification compensated for the removal of nutrients by crops, and for some elements in particular P₂O₅ reached a positive balance. Currently, trends in the use of mineral fertilizers in the Omsk region are noted in a positive direction, which allows the region to maintain a leading position in agricultural production.

Key words: fertility, monitoring, soils, productivity, safety, heavy metals