

О ПРОБЛЕМАХ ПЕРЕХОДА К НОВОЙ ПАРАДИГМЕ В АГРОХИМИИ

© 2001 г. А.П. Щербаков, Е.Е. Кислых¹

Воронежский государственный университет,

¹Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра РАН

Отмечено неопределенное положение агрохимии в системе естественных наук. Дан краткий анализ современного состояния агрохимических исследований и теоретически обоснована необходимость перехода к новой парадигме в агрохимии. Рассмотрено значение полевых опытов в формировании базы данных для применения расчетного метода внесения удобрений.

Уровень теоретических исследований в каждой науке является свидетельством ее зрелости. Чем он выше, тем больше возможностей существует для решения сложных, в том числе практических, вопросов. Особенно актуальным их решение выглядит при ограниченности материальных и финансовых ресурсов в сельском хозяйстве России в условиях так называемого перехода к многоукладной экономике.

Развитие научных исследований за время существования агрохимии можно условно подразделить на два периода: допарадигмальный, охватывающий период до создания научных основ этой дисциплины (от первых исследований по питанию растений до начала XX века) и парадигмальный, отмеченный во многом работами отечественных ученых К.А.Тимирязева, Д.Н.Прянишникова, П.С.Коссовича, К.К.Гедройца, Д.А.Сабанина и целого ряда других, в том числе и зарубежных специалистов. Именно во второй период были проведены классические исследования, сформировавшие агрохимию как науку и позволившие сравнительно успешно решать мировоззренческие и практические задачи. В целом это соответствует определению Т.Куна [15], который ввел в научный оборот понятие парадигмы, понимая под ней признанные всеми научные достижения, дающие научному сообществу в течение определенного времени модели постановки проблем и пути их решения.

Однако положение агрохимии в системе естественных наук еще остается довольно неопределенным. К сожалению, существует немного исследований теоретических аспектов этой науки. Так, по мнению известного ученого-агрохимика В.Ф.Ладонина [16], агрохимия была фундаментальной наукой, а потом в связи с потребностями развития сельскохозяйственного производства трансформировалась в прикладную науку. Соотношение фундаментальных и прикладных наук требует в данном

случае отдельного детального обсуждения. Пока же следует напомнить общеизвестное положение: фундаментальные науки имеют свой объект исследования и занимаются познанием законов, которые управляют поведением и взаимодействием базисных структур природы, общества и мышления, а цель прикладных наук – использование результатов фундаментальных наук для решения не только познавательных, но и практических проблем. Из этого следует, что почвоведение имеет свой объект – почву, а агрохимия только изучает приемы воздействия с помощью химических средств на объекты других наук – почвы и растения. Однако проблема не так проста, как может показаться.

Как считает Л.Г.Дротянко [8], прагматическая интенция (намерение, цель, направление сознания на какой-нибудь предмет) науки лежит в основании ее деления на фундаментальную и прикладную, хотя в имеющейся по данной проблеме философской и методологической литературе обычно в качестве различия фундаментальных и прикладных наук берется противопоставление теории и практики, что приводит к некоторой путанице, так как происходит подмена аксиологического аспекта науки гносеологическим. В отечественной философской литературе с 70-х годов до настоящего времени продолжается дискуссия по поводу фундаментального и прикладного в науке. Одним из важных результатов дискуссии является нахождение общего в их развитии и функционировании и подчеркнутая размытость границ между фундаментальными и прикладными науками и исследованиями.

По нашему мнению, даже проведение теоретических исследований в агрохимии не дает основания отнести ее к фундаментальным наукам. В.Ф.Ладониным в упомянутой работе высказывается предположение, что существует и такая прикладная наука как

«химизация земледелия». Несмотря на то, что здесь, по нашему мнению, больше оснований говорить не о науке, а технологическом процессе, это является еще одним свидетельством необходимости обращения самых широких кругов исследователей к решению спорных проблем в агрохимии.

Существующая неопределенность в основах положения агрохимии в системе естественных наук связана преимущественно с недостаточным вниманием специалистов этой сферы деятельности к философии и методологии, в то время как для физиков, химиков и биологов уже стало обычным обращение к таким проблемам своих наук [4, 9, 10 19]. Пока же публикации с теоретическими аспектами почвоведения и агрохимии, в частности затрагивающими плодородие почв, представляют собой преимущественно обобщение результатов, постановку проблем и обоснование задач наиболее перспективных исследований [5, 13, 21]. К числу немногих таких работ последних лет, имеющих несомненное методологическое значение и для агрохимии, следует отнести монографию И.А. Соколова [20] и книгу ведущих американских специалистов о почвоведении как фундаментальной науке [6]. Кроме этого, необходимо упомянуть и ряд наших исследований, опубликованных в 1987-1989 гг., по методологическим проблемам почвенного плодородия, которые были обобщены в монографии [27].

Сложившиеся к концу XX века теоретические основы и методы в агрохимии (принцип возврата элементов питания растений, теория минерального питания растений, вегетационный и полевой опыты и др.) представляют собой достаточно целостную систему, организованную идеей повышения плодородия почв, получения планируемого и полноценного урожая. В целом это сформировало ядро действующей до сих пор парадигмы, в рамках которой решены многие важные теоретические и практические задачи. Однако к настоящему времени накопились научные факты и обобщения, требующие новых подходов в их осмыслении.

Так, все предлагаемые до настоящего времени пути решения практических задач, складывающихся в рамках существующей парадигмы, привели к нарастающему числу показателей состояния эффективного плодородия почв и методов воздействия на них, которые служат для реализации идеи получения высокого и качественного урожая. Это может быть как свидетельством сложности объекта исследований, так и признаком исчерпанности стратегических возможностей для дальнейшего развития агрохимии в этом направлении. Как правило, такие показатели рассматриваются как равнозначные, хотя для этого необходимо провести соответствующие опыты. При этом не видно никаких

предпосылок для перехода к каким-то интегральным оценкам. Обычно к ним специалисты относят гумусное состояние почвы, что, в какой-то степени, сдерживает поиск других показателей.

Подобная ситуация отмечалась и в лечебном деле, когда прогрессирующая специализация поставила перед врачами вопрос, а кто же может лечить человека в целом, а не по отдельным органам?

Почва, как менее сложный объект изучения по сравнению с живыми организмами, вызывает у некоторых ученых стремление решить проблему плодородия относительно простыми методами. Так, американский ученый С.А. Барбер [3] полагает, что определение потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях начинается с решения двух задач: определения, какое количество питательных веществ готово отдать растениям та или иная почва и оценки, в каком количестве и с какой скоростью растения могут поглотить эти элементы питания. Содержание питательных веществ в почве и растениях сопоставляют с некоторым заранее известным идеалом – теми значениями концентрации питательных элементов, при которых растения уже не отзываются на внесение удобрений увеличением урожая. В итоге, на основе сравнительно простой математической модели, предложен механистический подход, связанный с внесением в почву предполагаемого количества элементов, потребных растениям. Такой метод вполне может давать положительный результат, но бесперспективен с научной точки зрения. Почва является достаточно сложным объектом исследований. Никакой упрощенный подход не приведет к устойчиво продуктивному земледелию.

Модели плодородия почв представляет другое направление исследований, для которого характерно нарастающее усложнение. В последнее время предлагается до 38 показателей для оценки плодородия почвы, 9 климатических и 10 погодных показателей, учет фитосанитарного состояния посевов, целый ряд показателей урожайности и качества растений [7]. Несомненная теоретическая значимость установления таких показателей находится, к сожалению, в явном противоречии с возможностью их реализации на практике. Вообще при большом количестве показателей весьма сложно достичь по ним оптимум одновременно. Пока никем не доказано, что это необходимо и возможно делать в одно и то же время. Причем трудно утверждать, что даже при достижении всех предполагаемых цифр (с учетом взаимовлияния показателей) в самых благоприятных климатических, погодных условиях и хорошем фитосанитарном состоянии посевов, будет обязательно получен высокий и полноценный урожай.

В числе новых подходов в агрохимии следует назвать и создание интегральной модели плодородия почв по имитационной технологии, используемой в рамках автоматизированной системы регионального экологического прогноза (АСРЭП). Для составления такой модели выбраны собственно почвенные факторы, определяющие плодородие почв, а именно – запасы гумуса, основных элементов минерального питания (НРК), находящихся в доступных и потенциально доступных для растений формах, а также гидролитическая кислотность [17]. Предлагаемое направление рассматривается авторами как оптимальный инструмент предварительных исследований, позволивших достаточно хорошо структурировать проблему и четко поставить задачи. Однако и здесь важно не просто подобрать более или менее удачные показатели плодородия почв. Неизбежно возникает вопрос о сути плодородия почв, для выявления которого потребуются в первую очередь теоретические исследования почвоведов и агрохимиков. В целом интегральное моделирование имеет хорошие перспективы. Пока же, используя сугубо качественную информацию, оно стало очередной ступенью к решению сложной задачи регулирования почвенного плодородия.

Следует также отметить, что ни в одной модели плодородия не учитывается достаточно полно экономическая часть. Допустим, во сколько обойдется смещение реакции почвы на участке в 200 га с 4,7 до 5,5?. Ясно то, что в разных географических точках даже одного региона это будет разная сумма затрат. Может оказаться, что дешевле будет приобретать продовольственные или кормовые культуры по ценам, сложившимся на мировых товарных рынках, чем на те же средства формировать на запущенных, отдаленных участках модель плодородия.

В настоящее время используется определение экономической эффективности применения удобрений, в частности по выходу продукции, прибавке урожая, рентабельности производства и т.п. Нисколько не сомневаясь в необходимости и правомерности таких показателей, обращаем внимание на то, что в условиях продолжающегося переходного периода к рыночной экономике этого совершенно не достаточно. Как правило, проводимые в агрохимии опыты, рассчитаны на решение преимущественно научных задач. Для получения существенных практических результатов обязательно следует также учитывать состояние и прогноз по самым необходимым товарным рынкам (в первую очередь минеральных удобрений, продовольственных культур, реализации нефтепродуктов, техники, связанной с обработкой почвы и внесением удобрений). Суть этого замечания не в

усложнении и без того непростой проблемы, а в том, что при существующем распылении внимания и средств на исправление многих некондиционных почвенных показателей, исследователю, а тем более практику, некогда решать неотложные вопросы целесообразности применения удобрений. Метод определения дозы удобрений должен быть достаточно простым и эффективным.

Из этого не следует делать вывод о ненужности проведения полевых опытов. По имеющимся в литературе данным, только в 1986-1990 годах агрохимической службой России было проведено 41280 краткосрочных опытов, 663 стационарных, 17840 производственных и демонстрационных [22]. В ЦИНАО создана федеральная картотека опытов агрохимической службы с удобрениями, которая содержит сведения более чем о 48 тысячах полевых опытов [18]. Все это представляет огромный массив данных, которые используются, на наш взгляд, в неоправданно ограниченной мере. К тому же, несмотря на то, что проводилось такое количество опытов, нельзя утверждать об охвате ими даже наиболее распространенных сельскохозяйственных культур. Судя по научным работам, опубликованным в журнале «Агрохимия» за 1983-1994 годы, доминировали исследования на яровой и озимой пшенице, ячмене, ржи, кукурузе, рисе и кормовых травах. Почти не встречаются работы по ягодным, плодовым и овощным культурам.

Тем не менее, полевой опыт был и остается основным методом научных исследований в агрохимии. В компьютерной директории ФАО зарегистрировано около 300 действующих стационарных полевых экспериментов продолжительностью от 15 до 155 лет [12]. Считается, что именно длительные полевые опыты позволяют в конкретных почвенно-климатических условиях решать специфические проблемы земледелия и экологии.

Несомненно, что количество полевых опытов в последнее десятилетие в России заметно снизилось в связи с уменьшением финансирования научных исследований. Возможности расширения опытной работы в ближайшие годы весьма невелики. По нашему мнению, необходимо несколько сместить акценты в их проведении. Следует обратить внимание на проведение опытов с принципиально новыми удобрениями, либо мало изученными или вводимыми в интенсивную культуру растениями. В первую очередь надо максимально использовать результаты опытов прошлых лет. В определенной мере это отражается в информационном комплексе экономико-статистической системы регулирования почвенного плодородия, предназначенной для учреждений Агрохимической службы

Российской Федерации [23]. С использованием пакета прикладных программ на основе имеющегося банка данных, в том числе и по результатам полевых опытов, принимается решение о выборе наиболее выгодного в конкретных условиях регулирующего действия на почву. В целом это важный путь использования значительного статистического материала, накопленного агрохимслужбой. Однако имеющиеся результаты следует использовать более рационально.

Авторы исходят из того, что главным итогом практически всех ранее проведенных опытов уже установленны разумные пределы доз органических и минеральных удобрений для большинства широко распространенных сельскохозяйственных культур – 60-350 кг/га НРК и 20-40 т/га органических удобрений. Новые, более концентрированные удобрения, пролонгированного действия, с ингибиторами и т.п., не являются принципиально новыми по результатам действия и могут рассматриваться как улучшенные виды хорошо известных туков. Пока нет таких удобрений, которые могли бы, допустим, резко сократить срок вегетации растений или изменить их качество до заранее планируемых показателей независимо от погодных условий.

В результате использования любых новых удобрений рассчитывают получить также высокий и качественный урожай, но при относительно меньших дозах, т.е. при снижении затрат. Однако на основе достижений генетики уже произошли кардинальные изменения в растениеводстве – появились трансгенные растения, для которых результаты проведенных ранее опытов могут иметь лишь ориентировочное значение. Если же это не так, то тем более нет смысла тратить средства на фактическое повторение опытов с такими растениями.

Количество растений, используемых человеком, не превышает 20 тысяч видов [13]. Важнейшее значение из них, по мнению академика Н.И.Вавилова, имеют 640 видов, а наиболее распространены 190 видов. Если для каждого из них проводить минимальное количество опытов с разными удобрениями и агротехникой в тех почвенно-климатических зонах, где они могут культивироваться, то с учетом даже необходимого минимума по вариантам и повторений по годам, выйдет весьма значительная цифра. Очевидно, что не существует реальной возможности и средств для проведения таких опытов. Затраты на их проведение будут всегда выше, чем потери в урожае от ошибок в расчетном определении доз на основе накопленных ранее результатов.

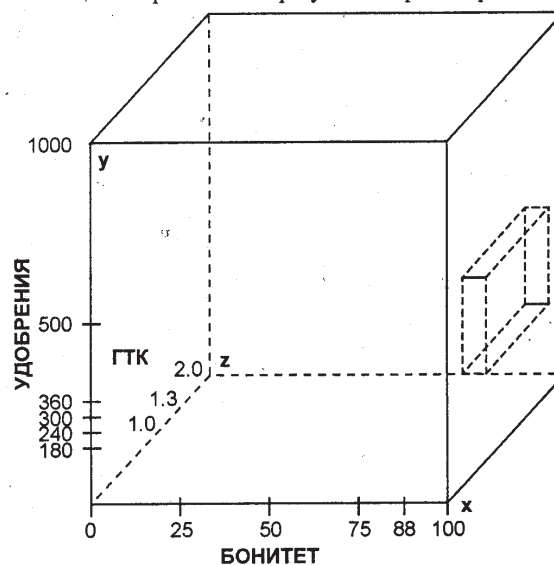
В настоящее время существует вычислительная техника, приемы хранения и передачи информации, которые позволяют детально проанализировать и обобщить результаты огромного количества полевых и вегета-

ционных опытов, проведенных в различных природных зонах и с разными удобрениями. Это дает возможность подготовить соответствующий программный продукт, создать базу данных и производить расчеты на основе ранее полученных результатов, в т.ч. с помощью экстраполяции, ориентируясь на возможный уровень потребления растениями питательных веществ.

Нами предлагается следующий подход к применению удобрений для различных сельскохозяйственных культур, который можно будет применять, используя такую базу данных.

На трехмерном графике (см. рисунок) по оси *x* отмечается показатель естественного плодородия почвы по ее бонитету (условно от 0 до 100) почв в данной природной зоне. По оси *y* – возрастающие дозы удобрений $N_x P_x K_x M_x O_x$ (где *M* – микроэлементы также как и макроэлементы в кг/га, а *O* – органические удобрения в т/га), причем имеется в виду, что увеличение дозы хотя бы по одному показателю является следующей точкой на оси. Примерно показатели должны варьировать от 100 до 1000. По оси *z* отмечаются показатели ГТК – гидротермического коэффициента, например, от 0.2 до 2.0 для всех условий или же от 1.0 до 1.3 для лесостепи, от 1.3 до 1.6 для лесной зоны и т.д. Ввиду того, что в предложенном Г.Т.Селяниновым ГТК рассчитывается как соотношение суммы осадков к сумме активных температур за вегетационный период, возможно использование данного коэффициента с уточнениями Ю.И.Чиркова – с учетом данных вегетационного периода. Следует иметь в виду, что ГТК и бонитет сами по себе являются интегральными показателями.

Допустим, необходимо определить количество удобрений, которое следует внести под однолетние травы на мощном черноземе. По результатам ранее проведен-



ных исследований откладываем на оси х бонитет – условно точки 85, 86, 87, 88. По оси у точки 180, 240, 300, 360 соответствующие дозам по проведенным опытам с достоверными положительными результатами – $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{80}P_{80}K_{80}$, $N_{100}P_{100}K_{100}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$. По оси z отложим ГТК 1.0; 1.1; 1.2; 1.3. В результате получим объемную фигуру – параллелепипед, в котором заключены все комбинации условий для получения высокого и качественного урожая (рисунок). Исходя из прогнозируемых погодных условий и бонитета (которые реально будут с другими данными), несложно отметить зону наибольшей эффективности минеральных удобрений и предложить конкретные варианты доз. При создании соответствующей компьютерной программы это должно происходить автоматически. Кроме того, результаты нужно соотнести с упоминавшимися выше экономическими показателями и одновременно решить вопрос о том, насколько выгодным может быть их использование.

Ранее нами была высказана идея о том, что для развития теоретических основ агрохимии следует создать качественно новый слой структуры знания [27]. В связи с этим следует принять специфические для этой науки абстракции. В качестве одной из таких абстракций нами предложен агроформон, представляющий собой совокупность минимальных запасов всех питательных веществ в почве, необходимых для получения теоретически возможного и полноценного урожая определенных видов (сортов) сельскохозяйственных культур. В некоторой степени предлагаемая объемная фигура иллюстрирует это понятие, которому соответствуют все точки нижней плоскости параллелепипеда.

Данный подход следует считать одним из возможных путей преодоления наступающего кризиса существующей парадигмы агрохимии, практически уже исчерпавшей свои резервы для развития. Примером определенного вклада в ядро новой парадигмы может стать предложенная нами концепция организации и ведения земледелия на основе ландшафтного подхода [11]. Проведенный анализ некоторых показателей экологического состояния черноземов выявил резко отрицательный тренд их современного развития, а также качественное расширение набора факторов, лимитирующих их плодородие [1,26]. Если в начале века он включал в себя величину сезонного и внутрисезонного дефицита влаги, быстрое истощение без удобрений доступных запасов питательных веществ, водную и ветровую эрозию, то в настоящее время перечень лимитирующих факторов значительно расширился. Аналогичные проблемы имеются и в других почвенно-климатических зонах. Это еще раз подтверждает острую необходимость теоретических исследований в

агрохимии и вытекающего из них нетрадиционного подхода в решении неотложных практических задач. Примером такого исследования можно назвать апробацию модели оценки плодородия на базе длительного полевого опыта с детальным картографированием почвенного покрова и микрорельефа в подзоне дерново-подзолистых почв [24]. Несомненно, что для развития прецизионного земледелия, пока только представленного в США и странах Западной Европы, также важны теоретические разработки [25].

Основной целью данной статьи является поиск оснований для сдвига внутри агрохимического познания на основе пока еще существующего огромного интеллектуального потенциала отечественной науки. В центре внимания должен быть процесс изменения философских оснований в почвенно-агрохимических исследованиях, а не, безусловно, плодотворное использование почвоведения как фундаментальной и агрохимии как прикладной науки в экологических и биосферных исследованиях.

Поиски новых подходов в агрохимии, которые в первую очередь, включали бы в себя результаты глубоких познаний почвенных процессов в результате применения удобрений, сопряжены с целым рядом противоречий. Например, возникает противоречие с традиционным пониманием агрохимии как исключительно прикладной науки и общепризнанными моделями развития таких наук с предлагаемой нами возможностью существования теоретической агрохимии [27].

Теоретические исследования в агрохимии должны поощряться и развиваться. Существующая парадигма еще долгое время может приносить реальную пользу, но следует осознавать неизбежность ее смены. Иначе нужно признать, что все основные проблемы в агрохимии уже решены и остается только уточнять относительно несложные вопросы. Есть все основания рассчитывать на ведущую роль в теоретических разработках российских ученых. Разумеется, многие естественные науки, к числу которых принадлежит почвоведение и агрохимия, в силу сложности своего объекта и особенностей методов познания, не могут прибегнуть к той степени формализации и математического знания, которые присущи точным наукам, в частности, физике. Однако с развитием исследований эта проблема постепенно решается. Конкретная цель научного поиска заключается в выявлении сути основного качества почвы – плодородия. Возможны два варианта: либо оно состоит в определенном наборе уже известных и используемых почвенных характеристик, либо это специфическое свойство, присущее почве именно как биокосному телу. Является ли плодородие собственно педогенным свойством или же литогенно-унаследованным?

Путь к новой частной (специализированной) парадигме в агрохимии, как и других науках, достаточно сложен и извилист. Для ее поиска нужна методологическая культура, способность к синтезирующему, обобщающему осмыслению и критической переработке огромного опытного материала и теоретического наследия, накопленного не только агрохимией, но и другими естественными науками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО (под ред. акад. РАСХН А.П.Щербакова и канд. биол. наук И.И.Васенева) Курск. ВНИИЗиЗПЭ. 1996. 329 с.
2. Антропогенная эволюция черноземов (под ред. Акад. РАСХН А.П.Щербакова и канд. биол. наук И.И. Васенева) // Воронеж. ВГУ. 2000. 412 с.
3. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход. М. Агропромиздат. 1099. 376 с.
4. Блохинцев Д.И. // Современные проблемы физики. М. Наука. 1976. С.4-6.
5. Булгаков Д.С., Апарин Б.Ф. // Почвоведение. 1999. №1. С. 63-77.
6. Возможности современных и будущих фундаментальных исследований в почвоведении // М. ГЕОС. 2000. 138 с.
7. Державин Л.М., Фрид А.С., Янишевский Ф.В. // Агрохимия. 1999. №2. С.19-30.
8. Дротянко Л.Г. // Вопросы философии. 2000. № 1. С.91-101.
9. Карлов Н.В. // Вопросы философии. 1995. № 11. С.35-46.
10. Карпинская Р.С. // Вопросы философии. 1992. №11. С.139-18.
11. Каиштанов А.Н., Щербаков А.П. и др. Система управления плодородием почв в центрально-Черноземной зоне // Курск. Изд. КГСХА. 1996. 136 с.
12. Кирюшин Б.Д. // Изв. ТСХА. Вып.1. 1999. С.15-26.
13. Корнев Г.В., Подгорный П.И., Щербак С.Н. Растениеводство с основами селекции и семеноводства // М. Агропромиздат. 1990. 575 с.
14. Кореньков Д.А. // Агрохимия. 1993. №2. С.3-6.
15. Кун Т. // Научные теории: структура и развитие // М. Мысль. 1978. С. 147.
16. Ладонин В.Ф. // Агрохимия. 1993. № 2. С.7-10.
17. Моделирование динамики геоэкоосистем регионального уровня // М. Изд. Моск.ун-та. 2000. 382 с.
18. Попов Р.Н. // Агрохимический вестник. 1997. № 5. С.19-20.
19. Пружинин Б.И. // Вопросы философии. 1996. № 12. С.133-141.
20. Соколов И.А. Почвообразование и экзогенез // М. Почвенный ин-т им. В.Докучаева. 1997. 244 с.
21. Соколов И.А., Конюшков Д.Е. // Почвоведение. 1999. № 1. С.43-48.
22. Смирнов А.П. Полевые опыты с удобрениями – нормативная база агрохимслужбы // Химия в сельском хозяйстве. 1994. №5. С.24-26.
23. Сычев В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России // М. ЦИНАО. 2000. 187 с.
24. Фрид А.С., Воронин А.Я. // Почвоведение. 2000. № 4. С.488-496.
25. Щербаков А. // Экология и почвы. М. Полтекс. 1999. С.59-69.
26. Щербаков А.П. Проблема черноземов: теоретические и прикладные аспекты // Черноземы – 2000: состояние и проблемы рационального использования. Воронеж. Изд. ВГАУ. 2000. С.18-28.
27. Щербаков А.П., Кислых Е.Е. Эффективное плодородие почв: методологические аспекты // Агропромиздат. 1990. 73 с.