

DOI: 10.34020/2073-6495-2020-2-054-070

УДК 330.15:332.36:353.2

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ¹

Михайленко А.В., Рубан Д.А.

Южный федеральный университет

E-mail: ruban-d@mail.ru

Использование научного подхода повышает эффективность регионального управления. Предлагается методика агроэкономической оценки загрязнения почв тяжелыми металлами, которая апробируется на примере Ростовской области – важного аграрного региона Юга России. Концептуально данная методика связана с понятием риска и представлениями об экосистемных услугах, а результатом является величина стоимостного эквивалента загрязнения с учетом текущей концентрации тяжелых металлов в почве. Установлено, что среди четырех рассматриваемых металлов (никель, медь, цинк, свинец) стоимостной эквивалент оказывается наибольшим для никеля и составляет суммарно для районов области 62,5 млрд руб. Полученные результаты могут служить ориентирами для региональных программ, стратегий и инициатив, связанных с сельскохозяйственной и экологической деятельностью, планирования и определения объемов финансирования последней. Более того, они позволяют определить сложность управления почвенными ресурсами в пределах изучаемого региона.

Ключевые слова: государственное управление, природные ресурсы, региональная экономика, риск, Ростовская область, сельское хозяйство, экологическая экономика.

AGROECONOMIC EVALUATION OF SOIL POLLUTION BY HEAVY METALS FOR IMPROVEMENT OF REGIONAL GOVERNANCE

Mikhailenko A.V., Ruban D.A.

Southern Federal University

E-mail: ruban-d@mail.ru

Implication of scientific approach increases efficiency of regional governance. A method of agroeconomic evaluation of soil pollution by heavy metals is proposed and tested by example of the Rostov region – an important agrarian region of the Russian South. Conceptually, this method is linked to the ideas of risk and ecosystem services, and its result is cost equivalent of pollution taking into account actual content of heavy metals in soil. It is established that among four considered metals (nickel, copper, zinc, and lead), the cost equivalent is the biggest in the case of nickel, its sum for the region's districts is 62,5 bln RUR. The results can be used to orient regional programs, strategies, and initiatives linked to agricultural and ecological activities, planning and establishing volumes of financial support of the latter. Moreover, these results permit to reveal complexity of soil resources governance within the study region.

Keywords: state governance, natural resources, regional economy, risk, Rostov Region, agriculture, ecological economics.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-1862.2020.5.

Введение. Комплексность и многоуровневость социально-экономических процессов в субъектах Российской Федерации требуют развития научных подходов к региональному управлению и, в частности, разработке государственных программ, стратегий, инициатив, в том числе касающихся отдельных отраслей экономики. Важность этих подходов возрастает при активном участии регионов в реализации национальных проектов. Соответствующие представления нашли отражение в работах Е.В. Ворониной и др. [4], С.А. Кожевникова [9], Е.А. Носачевской [12–14], А.В. Павлюковой [16], В.Г. Прудского [19], И.Е. Рисина [21], Е.А. Яковлевой [25]. В международных исследованиях значимость научного подхода не акцентируется в силу очевидности; тем не менее стоит отметить работы, анализирующие роль университетской науки в региональном развитии [32–34, 37, 38]. Представляется, что научный подход приобретает особое значение в тех случаях, когда объектом регионального управления оказываются явления, анализ и прогнозирование которых предельно сложны и по сути невозможны без участия представителей академического сообщества. К числу таких явлений, несомненно, относится загрязнение почв сельскохозяйственного назначения.

Тяжелые металлы (кадмий, никель, цинк и т.п.) концентрируются в почвах в силу действия как природных (например, близкое залегание к поверхности определенного типа коренных горных пород), так и антропогенных факторов (например, активное использование удобрений, сжигание угля и т.п.). Эти химические элементы способны накапливаться в произрастающих на почвах сельхозкультурах, после чего по пищевой цепочке попадают в организм человека. При достижении некоторых критических содержаний тяжелых металлов в почве они начинают представлять опасность для здоровья людей, соответственно минимизируя ценность продукции АПК. Эти процессы довольно хорошо известны [15, 18, 26] и продолжают активно изучаться геохимиками, почвоведомы и агротехнологами [2, 7, 27, 28, 39]. Контроль состояния почв и минимизация загрязнения тяжелыми металлами входят в задачи регионального управления в соотношении со стратегическим планированием как сельскохозяйственной, так и экологической деятельности. Безусловно, это особо важно для главных аграрных регионов Российской Федерации, к числу которых относится Ростовская область. Согласно статистическим данным [41], на этот регион приходится 4,8 % всей продукции сельского хозяйства в стране (3-е место среди субъектов Федерации), что составляет более 255 млрд руб.; при этом достижения значительны и в растениеводстве, и в животноводстве. Все это сочетается с «прорывной» ориентацией региональной экономики [5, 10, 17]. Загрязнение сельскохозяйственных почв тяжелыми металлами в Ростовской области уже является объектом научного изучения [1, 22], однако полученные при этом результаты требуют комплексной экономической трактовки.

Основной целью настоящей работы является проведение агроэкономической оценки загрязнения почв тяжелыми металлами в Ростовской области. В связи с вышесказанным данный регион подходит для опытной разработки и тестирования соответствующей методики. Акцент при этом делается на применимость результатов предпринятой оценки для оптимизации регионального управления почвенными ресурсами (как в сельскохозяйственном, так и в экологическом аспектах). Иными словами, подобного

рода оценка рассматривается как один из возможных вариантов научного подхода к отмеченному сектору управления.

Методика. Данное исследование является эмпирическим и в достаточной мере пробным. Тем не менее оно основывается на принципах подобного рода оценок, использующих фундаментальные представления об экосистемных услугах и их значении для определения экономической ценности природных ресурсов [29–31, 35, 36]. При этом агроэкономические и эколого-экономические интересы рассматриваются в неразрывной связи и не дифференцируются, как это видится, логичным и для регионального управления в целом.

Объектом изучения являются почвы сельскохозяйственного назначения Ростовской области, которые характеризуются нередко повышенными концентрациями тяжелых металлов, что может представлять угрозу для здоровья человека, потребляющего продукцию АПК. Минимальные концентрации, при достижении которых конкретный тяжелый металл становится угрозой, устанавливаются нормативными актами. Они могут определяться как предельно допустимые концентрации (ПДК) или ориентировочно допустимые концентрации (ОДК). Загрязнение может пониматься двояко. С одной стороны, это само наличие тяжелых металлов в почве с концентрацией выше ПДК/ОДК. С другой стороны, это процесс, повышающий концентрацию металлов в почве. Агроэкономическую оценку загрязнения предлагается понимать как определение стоимостного эквивалента, т.е. величины загрязнения, выраженной в денежных единицах. В связи с тем, что речь идет о почвах сельскохозяйственного назначения, имеет смысл связывать этот эквивалент с объемом сельскохозяйственной продукции, производимой с использованием почвы. Речь идет не только о растениеводстве, но и о животноводстве, так как почва формирует кормовую базу, т.е. в данном случае тяжелые металлы распространяются по цепочке из почвы в организм человека через растения (корм) и домашний скот (мясо, молоко). С учетом сказанного можно прийти к логичному заключению о том, что загрязнение почвы создает экономический ущерб в виде недополученной продукции при условии прекращения сельскохозяйственной деятельности на участках с концентрацией тяжелых металлов выше ПДК/ОДК. Подобного рода методики агроэкономической оценки предлагались ранее [6, 11]. Однако столь же важным может быть и учет рисков до их реализации, т.е. определение стоимостного эквивалента загрязнения с учетом текущей концентрации тяжелых металлов в почве. Именно такой подход предлагается в настоящей работе, и его использование объясняет, почему эквивалент загрязнения определяется в отсутствии фактического загрязнения.

В качестве материала для данной работы используются открытые данные Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области о содержании тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственного назначения и Федеральной службы государственной статистики об объеме продукции АПК (табл. 1). Для прослеживания пространственных закономерностей данные берутся по отдельным районам области. Ежегодно проводится мониторинг химического состояния почв в нескольких районах. Актуальная информация характеризует период 2014–2018 гг., когда изучение было проведено в 32 районах, т.е. приблизительно в 3/4 всех районов области (рис. 1),

Таблица 1

Основные параметры, используемые в настоящей работе

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Источник данных
Объем сельскохозяйственной продукции	S	млрд руб.	[41]
Максимальная концентрация тяжелого металла в почвах сельскохозяйственного назначения конкретного района	$C(o)_{\max}$	мг/кг	[40]
	C_{\max}	ед. ОДК	Рассчитано авторами
Минимальная концентрация тяжелого металла в почвах сельскохозяйственного назначения конкретного района	$C(o)_{\min}$	мг/кг	[40]
	C_{\min}	ед. ОДК	Рассчитано авторами
Предельный стоимостной эквивалент загрязнения почв тяжелым металлом	V_i	млрд руб.	Рассчитано авторами

Источник: Параметры табл. 1–5 составлены авторами.

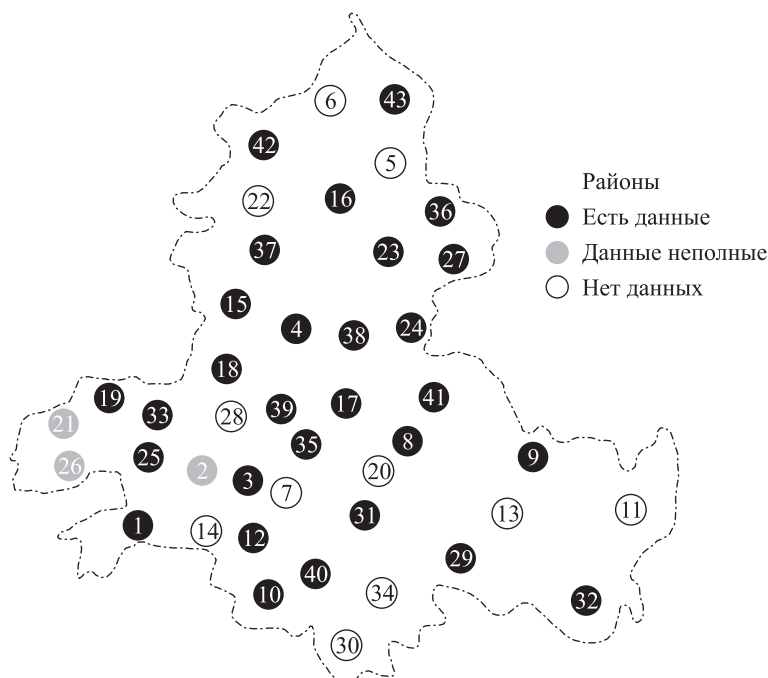


Рис. 1. Текущая изученность содержания тяжелых металлов в почвах Ростовской области (сост. авт. на основании [40])

1 – Азовский; 2 – Аксайский; 3 – Багаевский; 4 – Белокалитвенский; 5 – Боковский; 6 – Верхнедонской; 7 – Веселовский; 8 – Волгодонской; 9 – Дубовский; 10 – Егорлыкский; 11 – Заветинский; 12 – зерноградский; 13 – Зимовниковский; 14 – Кагальницкий; 15 – Каменский; 16 – Кашарский; 17 – Константиновский; 18 – Красносулинский; 19 – Куйбышевский; 20 – Мартыновский; 21 – Матвеево-Курганский; 22 – Миллеровский; 23 – Милютинский; 24 – Морозовский; 25 – Мясниковский; 26 – Неклиновский; 27 – Обливский; 28 – Октябрьский; 29 – Орловский; 30 – Песчанокопский; 31 – Пролетарский; 32 – Ремонтненский; 33 – Родионово-Несветайский; 34 – Сальский; 35 – Семикаракарский; 36 – Советский; 37 – Тарасовский; 38 – Тагинский; 39 – Усть-Донецкий; 40 – Целинский; 41 – Цимлянский; 42 – Чертковский; 43 – Шолоховский

что позволяет признать количество информации вполне достаточной. При этом общими для районов являются данные о максимальных и минимальных концентрациях четырех тяжелых металлов, а именно никеля, меди, цинка и свинца, повышенные содержания которых представляют заметную угрозу для здоровья человека [26]. Происхождение этих элементов в почвах Ростовской области следует связывать как с их природными особенностями (в том числе типом почвы и содержанием гумуса), так и с антропогенной деятельностью и, в частности, функционированием АПК, использованием удобрений, транспортной активностью, угледобычей, работой ГРЭС и т.п. Важно, что превышения ОДК в почвах сельскохозяйственного назначения Ростовской области не фиксируется [40].

Предлагаемая методика агроэкономической оценки загрязнения почв тяжелыми металлами заключается в следующем. Прежде всего, содержания четырех рассматриваемых химических элементов в почвах каждого района в абсолютном выражении ($C(o)_{\max}$, $C(o)_{\min}$) переводятся в единицы ОДК (C_{\max} , C_{\min}). Согласно гигиеническим нормативам (ГН 2.1.72511-09), принятым в практике мониторинга Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской области [40], 1 ед. ОДК никеля равна 80 мг/кг, 1 ед. ОДК меди – 132, 1 ед. ОДК цинка – 220, 1 ед. ОДК свинца равна 130 мг/кг. Использование единиц ОДК важно, чтобы показать, во сколько раз фактическая концентрация выше или ниже критического значения, при достижении которого металл представляет угрозу. Далее рассчитывается предельный стоимостной эквивалент загрязнения почв тяжелым металлом (V_i) по формуле (см. табл. 1):

$$V_i = S[C_{\max}/(C_{\max}/C_{\min})],$$

смысл которой заключается в следующем. При достижении ОДК концентрация тяжелого металла сделает почву непригодной для использования для нужд АПК, что приведет к потере всей связанной с ней сельскохозяйственной продукции. В таком случае $V_i = S$. Однако при $C_{\max} < 1$ (это характерно для содержаний четырех вышеотмеченных металлов во всех рассматриваемых районах Ростовской области [40]) наибольшие риски связаны с теми участками, где фиксируется именно C_{\max} , так как при равномерном поступлении металла в почву именно в их пределах уровень ОДК будет достигнут быстрее всего. Следовательно, чем ближе C_{\max} к ОДК, тем больший стоимостной эквивалент описывает состояние почвы в данном районе и тем ближе этот эквивалент к величине S . Условно принимается, что изменения концентрации от C_{\min} к C_{\max} в пространстве каждого района происходят равномерно. В таком случае можно предположить, что отношение C_{\max}/C_{\min} указывает на пропорцию более и менее загрязненных площадей. Чем оно больше, тем на меньшей площади будет скорее достигнута ОДК при загрязнении почв района. Рассчитываемый таким образом стоимостной эквивалент V_i может быть определен как предельный, так как является максимально ожидаемой величиной, связанной с риском загрязнения.

Несмотря на всю условность и упрощенность предлагаемой методики агроэкономической оценки, она позволяет получить результат, который видится важным для регионального управления. Во-первых, предельный

стоимостной эквивалент позволяет сравнивать возможные потери от загрязнения разными металлами в одном районе или же одним металлом в разных районах. Во-вторых, он может напрямую сравниваться с величиной планируемых затрат на экологические мероприятия (в рамках АПК и/или природоохранной деятельности). Речь идет о стоимости как минимизации негативного антропогенного воздействия на почву, так и экологизации сельскохозяйственных практик. Это видится очень важным для научно обоснованных суждений о рациональности таких мероприятий и определении объемов их финансирования в рамках государственных программ, стратегий, инициатив. В-третьих, с использованием показателя V_i вполне допустимо монетизировать отложенный ущерб АПК, наносимый видами деятельности, способствующими росту концентраций тяжелых металлов, пусть и не достигающих критических значений. Неполнота данных, используемых в настоящей работе (только четыре металла и отсутствие информации по некоторым районам), не является критической, так как цель исследования – отработка методики и демонстрация ее эффективности в целом.

Результаты. Содержание никеля, меди, цинка и свинца в почвах сельскохозяйственного назначения рассматриваемых районов Ростовской области варьирует в широких пределах (табл. 2, см. источники в табл. 1). Среди четырех тяжелых металлов в наибольшем количестве встречается никель. Максимальная концентрация зафиксирована в нескольких районах, где достигает уровня ОДК, однако и в прочих районах она сравнительно высока. Наименьшее содержание установлено для свинца, даже максимальные его концентрации лишь в одном районе достигают 0,5 ОДК. В пространстве содержание тяжелых металлов меняется довольно закономерно (рис. 2). Во всех случаях максимальные концентрации оказываются несколько выше на юго-западе Ростовской области. При равномерном действии загрязняющих факторов именно в этой части области ОДК могут быть достигнуты быстрее всего, что означает большие агроэкономические риски.

Районы Ростовской области различаются не только по концентрациям тяжелых металлов в почве (табл. 2), но и по объему сельскохозяйственной продукции (табл. 3, см. источники в табл. 1), что влияет на пространственные различия предельного стоимостного эквивалента загрязнения. Для никеля параметр V_i различается в несколько раз – от 0,5 млрд руб. в Советском районе на северо-востоке области до 8,8 млрд руб. в Азовском районе на юго-западе региона (табл. 3). Суммарно для районов он составляет 62,5 млрд руб., что сопоставимо с третью объема продукции АПК всей области [41]. Стоит добавить, что наименьшие значения стоимостного эквивалента установлены на северо-востоке области, а наибольшие – на юго-западе и в центре; интересной особенностью является близкое расположение районов с контрастными значениями V_i (рис. 3). Для меди параметр V_i различается также в больших пределах, однако его значения меньше: от 0,2 млрд руб. в Советском районе до 3,3 млрд руб. в Азовском районе (табл. 3). Суммарное значение стоимостного эквивалента оказывается значительно меньшим. При этом его наибольшие значения географически тяготеют к юго-западу региона (рис. 3). Аналогичная ситуация фиксируется и для цинка. Параметр V_i для этого металла максимален в Азовском и Зерно-

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов (ед. ОДК) в почвах сельскохозяйственного назначения отдельных районов Ростовской области

Район	Никель		Медь		Цинк		Свинец	
	C_{max}	C_{min}	C_{max}	C_{min}	C_{max}	C_{min}	C_{max}	C_{min}
Азовский	0,96	0,63	0,57	0,23	0,50	0,19	0,37	0,08
Аксайский	–	–	–	–	–	–	0,13	0,07
Багаевский	0,88	0,69	0,35	0,20	0,36	0,31	0,26	0,18
Белокалитвенский	0,50	0,25	0,12	0,06	0,25	0,18	0,12	0,06
Волгодонской	0,51	0,32	0,25	0,12	0,22	0,17	0,14	0,06
Дубовский	0,84	0,34	0,17	0,13	0,29	0,19	0,10	0,06
Егорлыкский	0,96	0,71	0,51	0,27	0,49	0,31	0,50	0,12
Зерноградский	0,98	0,62	0,49	0,22	0,46	0,24	0,24	0,15
Каменский	0,56	0,26	0,14	0,05	0,27	0,10	0,12	0,04
Кашарский	0,50	0,24	0,16	0,08	0,26	0,15	0,11	0,06
Константиновский	0,58	0,19	0,20	0,09	0,16	0,16	0,13	0,05
Красносулинский	0,48	0,35	0,13	0,06	0,24	0,14	0,11	0,05
Куйбышевский	1,00	0,59	0,52	0,21	0,45	0,22	0,36	0,08
Матвеево-Курганский	–	–	–	–	–	–	0,13	0,06
Милютинский	0,50	0,23	0,15	0,09	0,28	0,15	0,10	0,06
Морозовский	0,48	0,26	0,16	0,08	0,26	0,15	0,12	0,08
Мясниковский	0,79	0,72	0,36	0,24	0,36	0,30	0,36	0,19
Неклиновский	–	–	–	–	–	–	0,13	0,06
Обливский	0,47	0,31	0,13	0,09	0,24	0,13	0,10	0,06
Орловский	0,93	0,31	0,17	0,12	0,34	0,13	0,09	0,06
Пролетарский	0,65	0,31	0,20	0,11	0,20	0,15	0,11	0,06
Ремонтненский	0,56	0,36	0,19	0,10	0,24	0,18	0,13	0,07
Родионово-Несветайский	0,86	0,38	0,39	0,19	0,40	0,24	0,32	0,13
Семикаракорский	0,98	0,62	0,49	0,22	0,46	0,24	0,24	0,15
Советский	0,48	0,28	0,12	0,09	0,26	0,11	0,10	0,05
Тарасовский	0,49	0,31	0,14	0,08	0,27	0,16	0,14	0,05
Тагинский	0,51	0,37	0,13	0,09	0,27	0,19	0,11	0,08
Усть-Донецкий	1,00	0,49	0,76	0,14	0,41	0,08	0,44	0,08
Целинский	1,00	0,14	0,65	0,23	0,52	0,19	0,45	0,08
Цимлянский	0,60	0,25	0,27	0,08	0,27	0,13	0,15	0,54
Чертковский	0,49	0,25	0,13	0,08	0,26	0,13	0,11	0,04
Шолоховский	0,50	0,25	0,17	0,08	0,27	0,15	0,11	0,05

градском районах (2,6 млрд руб.), а минимален (0,3 млрд руб.) в Советском районе (табл. 3). Суммарное значение стоимостного эквивалента выше, чем для меди, но значительно меньше, чем для никеля. Наибольшие значения сосредоточены в юго-западной части области (рис. 3). Наконец, для свинца прослеживаются некоторые отличия. Для этого металла параметр V_i достигает максимума (1,7 млрд руб.) в Цимлянском районе на востоке области, тогда как минимум (0,1 млрд руб.) отмечен, как и в предыдущих случаях, в Советском районе (табл. 3). Суммарное значение стоимостного эквивалента оказывается наименьшим для всех четырех металлов, состав-

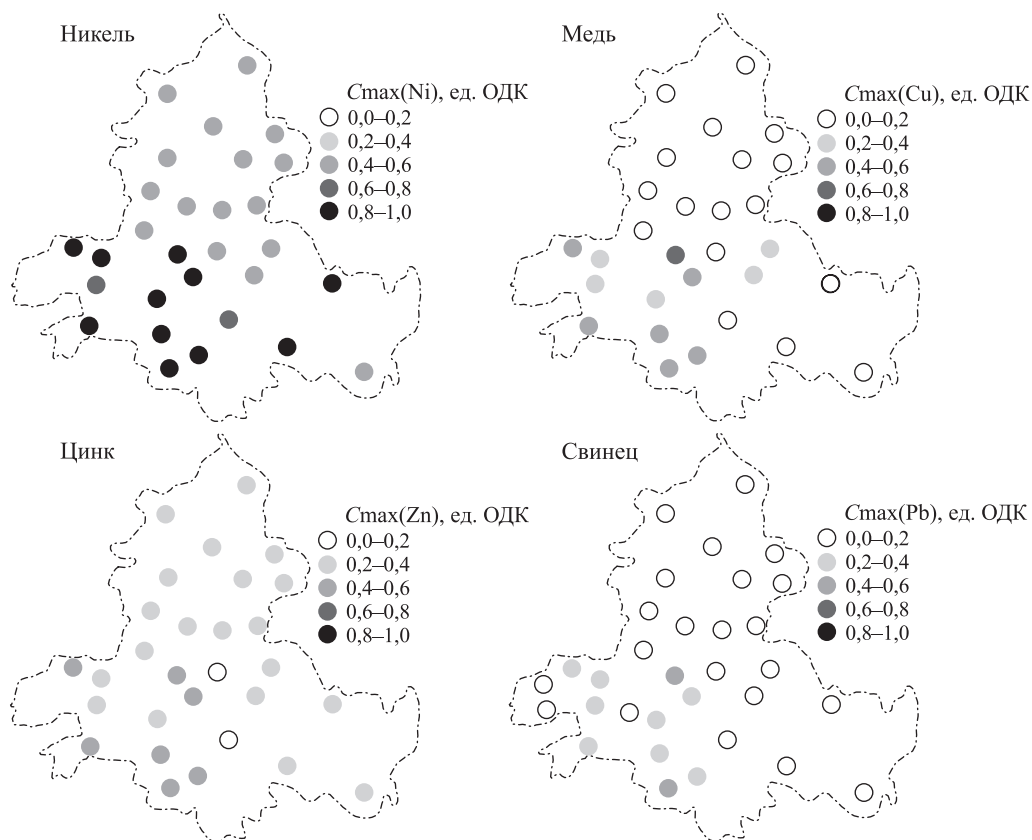


Рис. 2. Пространственные изменения максимальных содержаний тяжелых металлов в почвах Ростовской области (сост. авт. по данным табл. 2)

ляя лишь четверть от такового для никеля. А вот географическое распределение наибольших значений своеобразно: районы, для которых они установлены, протягиваются цепочкой с юго-запада на восток области (рис. 3).

Обсуждение результатов. Представленные выше результаты могут быть обобщены и интерпретированы следующим образом. Во-первых, среди четырех рассмотренных тяжелых металлов выделяется никель. Значения V_i (табл. 3) указывают на оправданность значительных затрат на недопущение загрязнения почв именно этим металлом. Во-вторых, риски загрязнения рассмотренными оказываются наибольшими на юго-западе Ростовской области. Более того, риск ущерба для АПК здесь особенно велик в силу наличия нескольких сценариев его реализации: почвы могут утратить свою ценность для сельскохозяйственного производства при достижении уровня ОДК любого из металлов, а C_{max} и никеля, и меди, и цинка, и отчасти свинца здесь сравнительно высоки. Следовательно, управленческие усилия должны быть сконцентрированы именно на районах этой части области.

В свете полученных результатов оптимизация регионального управления применительно к почвенным ресурсам в рассматриваемом регионе должна заключаться в переходе от планирования дискретных мероприятий, нацеленных на решение конкретных, локальных проблем или же носящих

Таблица 3

**Агроэкономическая оценка (млрд руб.) загрязнения почв отдельных районов
Ростовской области тяжелыми металлами**

Район	S	V_t			
		Никель	Медь	Цинк	Свинец
Азовский	14	8,8	3,3	2,6	1,1
Аксайский	4	–	–	–	0,3
Багаевский	5,5	3,8	1,1	1,7	1,0
Белокалитвенский	4,7	1,2	0,3	0,9	0,3
Волгодонской	3,6	1,1	0,4	0,6	0,2
Дубовский	5,4	1,8	0,7	1,0	0,3
Егорлыкский	5,6	4,0	1,5	1,7	0,7
Зерноградский	10,7	6,6	2,3	2,6	1,6
Каменский	5,9	1,5	0,3	0,6	0,2
Кашарский	5,9	1,4	0,5	0,9	0,4
Константиновский	4,2	0,8	0,4	0,7	0,2
Красносулинский	4,3	1,5	0,3	0,6	0,2
Куйбышевский	2,9	1,7	0,6	0,6	0,2
Матвеево-Курганский	6,5	–	–	–	0,4
Милютинский	3,6	0,8	0,3	0,5	0,2
Морозовский	4,8	1,2	0,4	0,7	0,4
Мясниковский	3,6	2,6	0,9	1,1	0,7
Неклиновский	9,4	–	–	–	0,6
Обливский	2,9	0,9	0,3	0,4	0,2
Орловский	7,2	2,2	0,9	0,9	0,4
Пролетарский	6,6	2,1	0,8	1,0	0,4
Ремонтненский	4,6	1,7	0,5	0,8	0,3
Родионово-Несветайский	4,2	1,6	0,8	1,0	0,5
Семикаракорский	10,1	6,3	2,2	2,4	1,5
Советский	1,7	0,5	0,2	0,2	0,1
Тарасовский	4,7	1,5	0,4	0,7	0,3
Тащинский	5	1,9	0,4	0,9	0,4
Усть-Донецкий	2,3	1,1	0,3	0,2	0,2
Целинский	8,2	1,1	1,9	1,6	0,6
Цимлянский	3,2	0,8	0,3	0,4	1,7
Чертковский	4,6	1,1	0,4	0,6	0,2
Шолоховский	3,4	0,9	0,3	0,5	0,2
Всего	173,3	62,5	22,6	28,4	15,9

слишком общий характер, к пространственно-дифференцированному планированию деятельности, определяющейся изменениями характеристик объекта управления в пределах региона, в том числе в монетизированном виде. Это требует соответствующей корректировки программ, стратегий, инициатив и предусмотренного в их рамках финансирования. Для Ростовской области прослеживается четко выраженная дифференциация как отдельных потенциальных загрязнителей почвы, так и районов по величине предельного стоимостного эквивалента загрязнения (рис. 3). Однако при

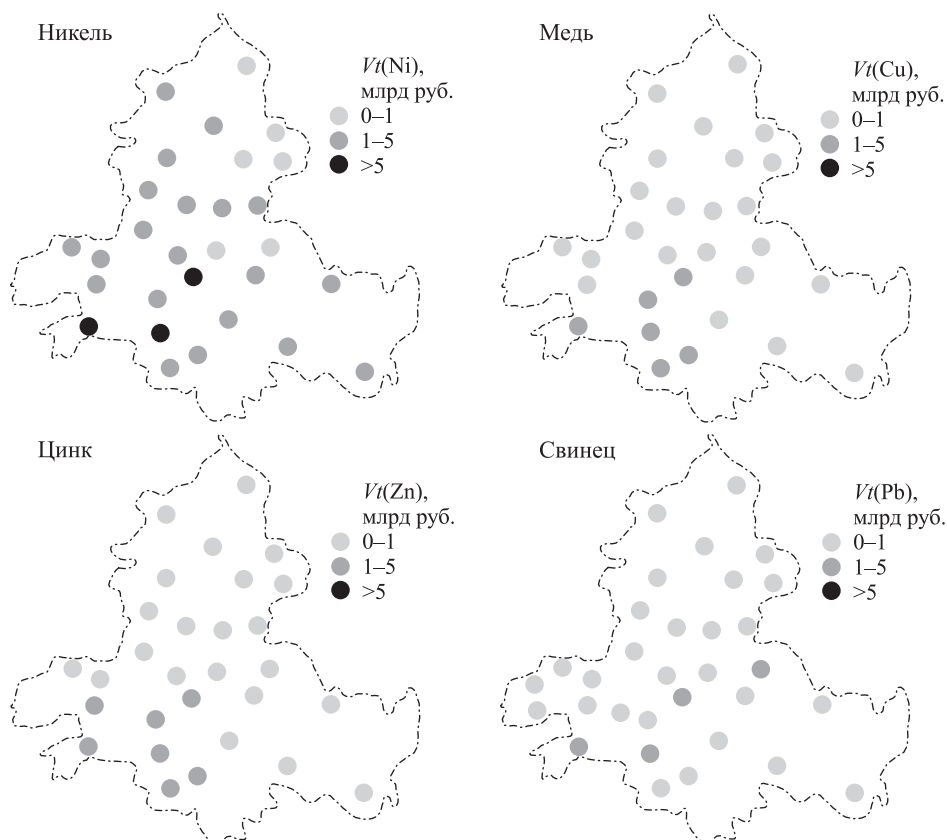


Рис. 3. Пространственные изменения предельного стоимостного эквивалента загрязнения тяжелыми металлами почв Ростовской области (сост. авт. на основании табл. 3)

этом концентрации тяжелых металлов меняются относительно равномерно, т.е. отсутствует ситуация, когда на фоне низких значений C_{\max} или V_i в подавляющем большинстве районов отмечаются anomalно высокие значения в одном–двух районах (см. табл. 2, 3). Это делает переход к пространственно-дифференцированному планированию в региональном управлении еще более актуальным.

Представленная выше интерпретация свидетельствует о значимости агроэкономической оценки загрязнения почв тяжелыми металлами для оптимизации регионального управления. Одновременно возникает вопрос о сложности такого управления с использованием пространственно-дифференцированного планирования. Действительно, из работ Д.Г. Вержицкого [3], В.А. Долятовского и др. [8], В.Л. Шапошникова и Д.А. Романова [23] следует, что при рассмотрении региональных социально-экономических систем должна учитываться сложность управления ими, что дополняет представления о сложности самих этих систем [20, 24]. Видится вполне очевидным, что предельный стоимостной эквивалент должен рассчитываться с поправкой на эту сложность. Можно предложить три основных критерия оценки сложности регионального управления почвенными ресурсами (табл. 4), которые зависят от географического распределения значений параметра V_i (рис. 3). На основании этого для региона в целом может быть

Таблица 4

Критерии оценки сложности регионального управления почвенных ресурсов

Критерий	Баллы	Основания для начисления баллов
Фрагментация (N)	0,1	Слабая
	0,3	Умеренная
	1,0	Значительная
Тяготение критических значений к границам региона (B)	0,1	Тяготение к внутренней части региона
	0,3	Отсутствие явного тяготения
	1,0	Тяготение к периферии региона
Мозаичность (M)	0,1	Закономерность (например, зональность)
	0,3	Неопределенность
	1,0	Беспорядочность (хаотичность)
Сложность управления (D) Суммарно ($D = N + B + M$)	От 0,3 до 3,0	Коэффициент для поправки суммарного предельного стоимостного эквивалента ($k = 1 + D/10; V_i \cdot k$)

определен коэффициент k для поправки суммарного (для региона в целом) значения V_i для конкретного тяжелого металла (табл. 4). Логика подобного расчета заключается в том, что усиление выраженности критериев способствует все большему усложнению регионального управления, однако не настолько, чтобы превысить треть предельного стоимостного эквивалента. Предлагаемая поправка является условной, и в перспективе баллы, начисляемые по предлагаемым критериям, могут корректироваться экспертным сообществом.

Поправка на сложность управления почвенными ресурсами Ростовской области с учетом географического распределения значений параметра V_i (рис. 3) оказывается большей для никеля и свинца и меньше для меди и цинка (табл. 5). Это связано с тем, что стоимостной эквивалент загрязнения медью и цинком распределен в пространстве региона более равномерно (рис. 3). Учет этой поправки указывает на большую стоимость рисков загрязнения всех четырех металлов, но при этом принципиально не меняет соотношения V_i между металлами – большее значение все равно установлено для никеля (см. табл. 4). Такое положение следует признать присущим именно Ростовской области, тогда как в других регионах слож-

Таблица 5

Агроэкономическая оценка (млрд руб.) загрязнения почв Ростовской области тяжелыми металлами с поправкой на сложность управления

Критерии и параметры (см. табл. 4)	Никель	Медь	Цинк	Свинец
N	0,3	0,1	0,1	0,3
B	0,3	0,3	0,3	0,3
M	0,3	0,1	0,1	0,3
D	0,9	0,5	0,5	0,9
k	1,09	1,05	1,05	1,09
V_i (из табл. 3)	62,5	22,6	28,4	15,9
$V_i \cdot k$	68,1	23,7	29,8	17,3

ность управления вполне может оказаться более значимым фактором, особенно при менее равномерном географическом распределении значений параметра V_i .

Безусловно, представленные выше рассуждения могут быть дополнены и расширены. Например, выявленная исключительность рисков, связанных с концентрацией никеля в почвах сельскохозяйственного назначения, окажется еще большей, если принять во внимание неожиданность относительно высоких содержаний именно этого тяжелого металла на территории Ростовской области. Это могло бы быть связанным с залеганием почв на богатых никелем коренных горных породах [26], однако таковые отсутствуют в рассматриваемом регионе, равно как и большое число «грязных» производств, являющихся антропогенным источником данного металла [26] (более того, значительное содержание никеля установлено в ряде районов, полностью ориентированных на АПК). В таком случае вероятным остается еще один характерный источник, а именно сельскохозяйственные удобрения [26]. Кроме того, загрязнение может быть связано с выбросами ГРЭС, а также со сжиганием угля в домохозяйствах. Представляется, что управление качеством почвенных ресурсов сталкивается в данном случае с весьма серьезным вызовом и требует обнаружения и установления баланса между текущими практиками и долгосрочными приоритетами сельского хозяйства. Выработка адекватного ответа на этот вызов возможна только с привлечением экспертов из академического сообщества, что подчеркивает важность именно научного подхода к региональному управлению, но при этом указывает на большую сложность и затратность последнего. Что касается предлагаемой методики агроэкономической оценки (в том числе с учетом сложности управления), то полученные с ее помощью результаты наглядно демонстрируют ее эффективность как для описания ситуации с загрязнением почв в регионе в целом, так и для постановки более конкретных задач.

Заключение. На основании проведенного исследования могут быть сформулированы следующие общие выводы. Во-первых, агроэкономическую оценку загрязнения почв тяжелыми металлами имеет смысл проводить и в ситуациях, когда представляющие угрозу для здоровья человека концентрации еще не достигнуты, в чем может помочь анализ рисков. Во-вторых, предельный стоимостной эквивалент загрязнения почв сельскохозяйственного назначения в Ростовской области измеряется десятками миллиардов рублей, при этом его наибольшие значения установлены для никеля. В-третьих, результаты агроэкономической оценки загрязнения свидетельствуют в пользу перехода к пространственно-дифференцированному подходу к региональному управлению почвенными ресурсами.

В качестве первоочередной задачи для последующего изучения стоит указать дальнейшее совершенствование предлагаемой методики, а также ее апробацию на примере различных регионов Российской Федерации. Одновременно с этим целесообразно разрабатывать теоретическую базу и конкретные рекомендации по учету результатов применения подобного рода методик в программах, стратегиях, инициативах, обеспечивающих эффективное управление хозяйственной деятельностью, природными ресурсами и экологической активностью в регионах.

Литература

1. *Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А., Невидомская Д.Г., Сушкова С.Н., Бакоев С.Ю.* Фоновое содержание и состав соединений цинка, меди и свинца в черноземе обыкновенном естественных ландшафтов Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4. С. 186–199.
2. *Биктимерова Г.Я., Ильбулова Г.Р., Зулкарнаев А.Б., Исанбаева Г.Т.* Загрязнение почв тяжелыми металлами // Аграрная наука. 2015. № 5. С. 8–11.
3. *Вержицкий Д.Г.* Проблемы практической реализации теоретических положений об управлении эколого-экономическими системами регионов // Фундаментальные исследования. 2015. № 12-4. С. 766–771.
4. *Воронина Е.В., Ярош О.Б., Береза Н.В.* Формирование научно-обоснованного механизма управления региональным рынком услуг недвижимости // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2019. № 2. С. 246–258.
5. *Горочная В.В.* Информационный метаболизм и динамика инноваций Ростовской агломерации: роль приморского фактора и экономической кластеризации // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2019. № 3. С. 20–37.
6. *Горюшкина Е.С.* Агроэкономическая оценка пахотных темно-серых лесных почв // Сетевой научный журнал ОрелГАУ. 2016. № 1. С. 28–33.
7. *Гуляева К.Н., Басов Ю.В.* Оценка влияния осадков сточных вод на загрязнение почв тяжелыми металлами // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2016. № 5. С. 54–58.
8. *Долятовский В.А., Долятовский Л.В., Гамалей Я.В., Долятовский Д.В., Гамалей К.Ю.* Методика стратегического планирования развития региона // Вестник экспертного совета. 2017. № 2. С. 33–38.
9. *Кожевников С.А.* Проблемы развития проектного управления в публичном секторе в ракурсе достижения национальных целей // Проблемы развития территории. 2020. № 1. С. 64–77.
10. *Латушко Н.А.* Экономический потенциал формирования на Юге России территорий опережающего развития: теоретико-методические и инструментальные подходы // Новые технологии. 2017. № 4. С. 150–158.
11. *Мусихина Е.А.* Задача комплексной оценки антропогенного загрязнения почв на территории Иркутской области // Экология урбанизированных территорий. 2008. № 3. С. 73–76.
12. *Носачевская Е.А.* Влияние научных факторов на эффективность регионального социально-экономического развития // Вестник ОрелГИЭТ. 2016. № 3. С. 44–46.
13. *Носачевская Е.А.* Проектная экономика как основа обеспечения ускоренного социально-экономического развития регионов // Экономика и предпринимательство. 2017. № 9-4. С. 356–359.
14. *Носачевская Е.А.* Об актуальных вопросах научного обеспечения развития региональной экономики в контексте реализации национальных проектов // Экономика устойчивого развития. 2019. № 1. С. 210–213.
15. *Орлов Д.С., Малинина М.С., Мотузова Г.В., Садовникова Л.К., Соколова Т.А.* Химическое загрязнение почв и их охрана. М.: Агропромиздат, 1991. 303 с.
16. *Павлюкова А.В.* Генезис формирования научных подходов к управлению трансформацией региональной экономики // Экономика и предпринимательство. 2014. № 9. С. 440–443.
17. *Паутинцева А.А.* Инновации в сельском хозяйстве на примере Ростовской области // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. 2018. № 1. С. 410–414.
18. *Перельман А.И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.

19. *Прудский В.Г.* Региональный менеджмент как прикладная теория научного управления территориальными социально-экономическими системами // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2010. № 2. С. 15–27.
20. *Самородова Л.Л., Шутько Л.Г., Якунина Ю.С.* Цифровые экосистемы и экономическая сложность региона как факторы инновационного развития // Вопросы инновационной экономики. 2019. № 2. С. 401–410.
21. *Рисин И.Е.* Совершенствование научного обеспечения процессов развития региональной экономики и территориального управления // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2008. № 2. С. 67–69.
22. *Чернова О.В., Безуглова О.С.* Опыт использования данных фоновых концентраций тяжелых металлов при региональном мониторинге загрязнения почв // Почвоведение. 2019. № 8. С. 1015–1026.
23. *Шапошников В.Л., Романов Д.А.* Инновационное региональное и муниципальное управление на основе математических моделей // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2016. № 5. С. 78–82.
24. *Шеховцов Р.В., Абрамов Н.В.* Управление развитием региональной социально-экономической системы (на материалах Ростовской области) // Финансовые исследования. 2017. № 3. С. 96–105.
25. *Яковлева Е.А.* Концепция научного обеспечения управления процессами кооперации и интеграции в региональной агроэкономике // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2004. № 1. С. 66–70.
26. *Alloway B.J. (Ed.)* Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Dordrecht: Springer, 2013. 613 p.
27. *Askari M.S., Alamdari P., Chahardoli S., Afshari A.* Quantification of heavy metal pollution for environmental assessment of soil condition // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. Vol. 192. P. 162.
28. *Barsova N., Yakimenko O., Tolpeshta I., Motuzova G.* Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation – A review // Environmental Pollution. 2019. Vol. 249. P. 200–207.
29. *Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., Oneill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.* The value of the world's ecosystem services and natural capital // Nature. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
30. *Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.* The value of ecosystem services: Putting the issues in perspective // Ecological Economics. 1998. Vol. 25. P. 67–72.
31. *Costanza R., de Groot R., Braat R., Kubiszewski I., Fioramonti L., Sutton P., Farber S., Grasso M.* Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? // Ecosystem Services. 2017. Vol. 28. P. 1–16.
32. *Fonseca L.* Designing regional development? Exploring the University of Aveiro's role in the innovation policy process // Regional Studies, Regional Science. 2019. Vol. 6. P. 186–202.
33. *Grizane T., Jurgelane-Kaldava I.* The contribution of universities to regional development // Research for Rural Development. 2019. Vol. 2. P. 247–254.
34. *Harrison J., Turok I.* Universities, knowledge and regional development // Regional Studies. 2017. Vol. 51. P. 977–981.
35. *Hermelingmeier V., Nicholas K.A.* Identifying Five Different Perspectives on the Ecosystem Services Concept Using Q Methodology // Ecological Economics. 2017. Vol. 136. P. 255–265.
36. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

37. *Pugh R., Hamilton E., Jack S., Gibbons A.* A step into the unknown: universities and the governance of regional economic development // *European Planning Studies*. 2016. Vol. 24. P. 1357–1373.
38. *Rantala T., Ukko J.* Performance evaluation to support European regional development—A university–industry perspective // *European Planning Studies*. 2019. Vol. 27. P. 974–994.
39. *Zwolak A., Sarzynska M., Szpyrka E., Stawarczyk K.* Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review // *Water, Air, and Soil Pollution*. 2019. Vol. 230. P. 164.
40. Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области. Экологический вестник Дона. URL: <https://xn--d1ahaoghbejbc5k.xn--p1ai/projects/19/> (дата обращения: 01.05.2020).
41. Федеральная служба государственной статистики. URL: gks.ru (дата обращения: 01.05.2020).

Bibliography

1. *Baujer T.V., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Nevidomskaja D.G., Sushkova S.N., Bakoev S.Ju.* Fonovoe sodержanie i sostav soedinenij cinka, medi i svinca v chernozeme obyknovennom estestvennyh landshaftov Rostovskoj oblasti // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2015. № 4. P. 186–199.
2. *Biktimerova G.Ja., Il'bulova G.R., Zulkarnaev A.B., Isanbaeva G.T.* Zagrzaznenie pochv tjazhelymi metallami // *Agrarnaja nauka*. 2015. № 5. P. 8–11.
3. *Verzhickij D.G.* Problemy prakticheskoj realizacii teoreticheskikh polozhenij ob upravlenii jekologo-jekonomicheskimi sistemami regionov // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2015. № 12-4. P. 766–771.
4. *Voronina E.V., Jarosh O.B., Bereza N.V.* Formirovanie nauchno-obosnovannogo mehanizma upravlenija regional'nym rynkom uslug nedvizhimosti // *Nauchnyj vestnik: finansy, banki, investicii*. 2019. № 2. P. 246–258.
5. *Gorochnaja V.V.* Informacionnyj metabolizm i dinamika innovacij Rostovskoj aglomeracii: rol' primorskogo faktora i jekonomicheskoi klasterizacii // *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Serija: Estestvennye i medicinskie nauki*. 2019. № 3. P. 20–37.
6. *Gorjushkina E.S.* Agrojekonomicheskaja ocenka pahotnyh temno-seryh lesnyh pochv // *Setevoj nauchnyj zhurnal OrelGAU*. 2016. № 1. P. 28–33.
7. *Guljaeva K.N., Basov Ju.V.* Ocenka vlijaniya osadkov stochnyh vod na zagrzaznenie pochv tjazhelymi metallami // *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 5. P. 54–58.
8. *Doljatovskij V.A., Doljatovskij L.V., Gamalej Ja.V., Doljatovskij D.V., Gamalej K.Ju.* Metodika strategicheskogo planirovanija razvitija regiona // *Vestnik jekspertnogo sojeta*. 2017. № 2. P. 33–38.
9. *Kozhevnikov S.A.* Problemy razvitija proektnogo upravlenija v publicnom sektore v raketse dostizhenija nacional'nyh celej // *Problemy razvitija territorii*. 2020. № 1. P. 64–77.
10. *Latushko N.A.* Jekonomicheskij potencial formirovanija na Juge Rossii territorij operezhajushhego razvitija: teoretiko-metodicheskie i instrumental'nye podhody // *Novye tehnologii*. 2017. № 4. P. 150–158.
11. *Musihina E.A.* Zadacha kompleksnoj ocenki antropogennogo zagrzaznenija pochv na territorii Irkutskoj oblasti // *Jekologija urbanizirovannyh territorij*. 2008. № 3. P. 73–76.
12. *Nosachevskaja E.A.* Vlijanie nauchnyh faktorov na jeffektivnost' regional'nogo social'no-jekonomicheskogo razvitija // *Vestnik OrelGIJeT*. 2016. № 3. P. 44–46.
13. *Nosachevskaja E.A.* Proektnaja jekonomika kak osnova obespechenija uskorenного social'no-jekonomicheskogo razvitija regionov // *Jekonomika i predprinimatel'stvo*. 2017. № 9-4. P. 356–359.

14. *Nosachevskaja E.A.* Ob aktual'nyh voprosah nauchnogo obespechenija razvitija regional'noj jekonomiki v kontekste realizacii nacional'nyh proektov // *Jekonomika ustojchivogo razvitija*. 2019. № 1. P. 210–213.
15. *Orlov D.S., Malinina M.S., Motuzova G.V., Sadovnikova L.K., Sokolova T.A.* Himicheskoe zagryznenie pochv i ih ohrana. M.: Agropromizdat, 1991. 303 p.
16. *Pavljukova A.V.* Genezis formirovanija nauchnyh podhodov k upravleniju transformaciej regional'noj jekonomiki // *Jekonomika i predprinimatel'stvo*. 2014. № 9. P. 440–443.
17. *Pautinceva A.A.* Innovacii v sel'skom hozjajstve na primere Rostovskoj oblasti // *Intellektual'nye resursy – regional'nomu razvitiju*. 2018. № 1. P. 410–414.
18. *Perel'man A.I.* Geohimija. M.: Vysshaja shkola, 1989. 528 p.
19. *Prudskij V.G.* Regional'nyj menedzhment kak prikladnaja teorija nauchnogo upravlenija territorial'nymi social'no-jekonomicheskimi sistemami // *Vestnik Permskogo universiteta*. Serija: Jekonomika. 2010. № 2. P. 15–27.
20. *Samorodova L.L., Shut'ko L.G., Jakunina Ju.S.* Cifrovye jekosistemy i jekonomicheskaja slozhnost' regiona kak faktory innovacionnogo razvitija // *Voprosy innovacionnoj jekonomiki*. 2019. № 2. P. 401–410.
21. *Risin I.E.* Sovershenstvovanie nauchnogo obespechenija processov razvitija regional'noj jekonomiki i territorial'nogo upravlenija // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Serija: Jekonomika i upravlenie. 2008. № 2. P. 67–69.
22. *Chernova O.V., Bezuglova O.S.* Opyt ispol'zovanija dannyh fonovyh koncentracij tjazhelyh metallov pri regional'nom monitoringe zagryznenija pochv // *Pochvovedenie*. 2019. № 8. P. 1015–1026.
23. *Shaposhnikov V.L., Romanov D.A.* Innovacionnoe regional'noe i municipal'noe upravlenie na osnove matematicheskikh modelej // *Fundamental'nye i prikladnye issledovanija kooperativnogo sektora jekonomiki*. 2016. № 5. P. 78–82.
24. *Shehovcov R.V., Abramov N.V.* Upravlenie razvitiem regional'noj social'no-jekonomicheskoy sistemy (na materialah Rostovskoj oblasti) // *Finansovye issledovanija*. 2017. № 3. P. 96–105.
25. *Jakovleva E.A.* Koncepcija nauchnogo obespechenija upravlenija processami kooperacii i integracii v regional'noj agrojekonomike // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. Serija: Jekonomika i upravlenie. 2004. № 1. P. 66–70.
26. *Alloway B.J. (Ed.)* Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability. Dordrecht: Springer, 2013. 613 p.
27. *Askari M.S., Alamdari P., Chahardoli S., Afshari A.* Quantification of heavy metal pollution for environmental assessment of soil condition // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020. Vol. 192. P. 162.
28. *Barsova N., Yakimenko O., Tolpeshta I., Motuzova G.* Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation – A review // *Environmental Pollution*. 2019. Vol. 249. P. 200–207.
29. *Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., Oneill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.* The value of the world's ecosystem services and natural capital // *Nature*. 1997. Vol. 387. P. 253–260.
30. *Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M.* The value of ecosystem services: Putting the issues in perspective // *Ecological Economics*. 1998. Vol. 25. P. 67–72.
31. *Costanza R., de Groot R., Braat R., Kubiszewski I., Fioramonti L., Sutton P., Farber S., Grasso M.* Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? // *Ecosystem Services*. 2017. Vol. 28. P. 1–16.
32. *Fonseca L.* Designing regional development? Exploring the University of Aveiro's role in the innovation policy process // *Regional Studies, Regional Science*. 2019. Vol. 6. P. 186–202.
33. *Grizane T., Jurgelane-Kaldava I.* The contribution of universities to regional development // *Research for Rural Development*. 2019. Vol. 2. P. 247–254.

34. *Harrison J., Turok I.* Universities, knowledge and regional development // *Regional Studies*. 2017. Vol. 51. P. 977–981.
35. *Hermelingmeier V., Nicholas K.A.* Identifying Five Different Perspectives on the Ecosystem Services Concept Using Q Methodology // *Ecological Economics*. 2017. Vol. 136. P. 255–265.
36. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington: Island Press, 2005. 137 p.
37. *Pugh R., Hamilton E., Jack S., Gibbons A.* A step into the unknown: universities and the governance of regional economic development // *European Planning Studies*. 2016. Vol. 24. P. 1357–1373.
38. *Rantala T., Ukko J.* Performance evaluation to support European regional development—A university–industry perspective // *European Planning Studies*. 2019. Vol. 27. P. 974–994.
39. *Zwolak A., Sarzynska M., Szpyrka E., Stawarczyk K.* Sources of Soil Pollution by Heavy Metals and Their Accumulation in Vegetables: a Review // *Water, Air, and Soil Pollution*. 2019. Vol. 230. P. 164.
40. Ministerstvo prirodnyh resursov i jekologii Rostovskoj oblasti. *Jekologicheskij vestnik Dona*. URL: <https://xn--d1ahaoghbejbc5k.xn--p1ai/projects/19/> (data obrashhenija: 01.05.2020).
41. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. URL: gks.ru (data obrashhenija: 01.05.2020).