

УДК 551: 504.05: 631.4

Канд. геогр. наук

Канд. геогр. наук

Канд. с.-х. наук

Л.В. Лебедь¹И.Б. Есеркепова¹М.А. Атабаев²Н.И. Васильченко³З.Р. Токпаев¹**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ
В НАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ
ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ**

Ключевые слова: парниковые газы, землепользование, возделываемые земли, эмиссии/поглощения, национальная система инвентаризации

Выполнена оценка эмиссии/поглощения углекислого газа (CO₂) и закиси азота (N₂O) для категории землепользования «Возделываемые земли» за 1989...2018 гг., в том числе за последнее десятилетие, в рамках улучшения национальной системы инвентаризации парниковых газов и в развитие вопроса экологической устойчивости агроэкосистем.

Введение. В последние десятилетия глобальные выбросы парниковых газов (ПГ) в атмосферу продолжают возрастать. В этой связи, направленные действия всех стран по развитию мировой экономики в рамках международных соглашений должны быть скоординированы на снижение этих выбросов. Как сторона Приложения 1 к Киотскому протоколу, Республика Казахстан приняла на себя обязательства на второй период его действия (2013...2020 гг.) сократить национальные выбросы парниковых газов на 5...7 %. По Парижскому соглашению, ратифицированному Казахстаном, его обязательства по сокращению выбросов ПГ к 2030 году составляют 15 % от уровня 1990 года.

¹АО «Жасыл Даму» МЭГПР РК, г. Алматы, Казахстан

²РГУ «Республиканский научно - методический центр агрохимической службы» МСХ РК, п. Шортанды, Казахстан

³НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» МЦР и АКП РК, г. Нур-Султан, Казахстан

На заседании Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2019 г. в г. Нур-Султан, министр экологии, геологии и природных ресурсов М. Мирзагалиев заявил, что для выполнения обязательств по снижению глобальных выбросов разрабатывается стратегия низко углеродного развития Республики Казахстан до 2050 г. Основными направлениями национальной экологической политики, по заявлению министра, является реализация планов по развитию ВИЭ, замене угля как ископаемого вида топлива на газ. В числе других потенциальных источников сокращения глобальных выбросов, рассматриваются планы восстановления лесов, как источника поглощения углекислого газа, и увеличения их площади в стране, обсуждаются возможные меры по оптимизации землепользования, связанного с производством сельскохозяйственной продукции, которое сопровождается дополнительными выбросами в атмосферу. При этом предполагается, что развитие сельского хозяйства должно сопровождаться усилением экологической устойчивости природных и полуприродных экосистем. Для информационного обеспечения планируемых в стране мероприятий, направленных на сокращение глобальных выбросов, требуется усовершенствовать национальную систему инвентаризации парниковых газов, включая все секторы национальной экономики.

Постановка задачи, методология, исходная информация. В статье представлены результаты оценки потоков парниковых газов – углекислого газа (CO_2) и закиси азота (N_2O) для категории землепользования «Возделываемые земли» за 1989...2018 гг., в том числе за последнее десятилетие, в развитие вопроса экологической устойчивости природных и полуприродных экосистем, как источников выбросов/поглощения ПГ, ранее затронутого в публикациях авторов [3, 4, 5]. Оценка парниковых газов для этой категории земель выполнялась на различных территориальных (ландшафтных) уровнях в рамках улучшения национальной системы инвентаризации ПГ в соответствии с требованиями, изложенными в решениях Конференций Сторон РКИК ООН и Киотского протокола, п п. 3, 4 Статьи 3 КП [9, 10]. В этом случае категория «Возделываемые земли» рассматривалась как полуприродная экосистема (агрэкосистема), изменения экологического состояния, углеродного потенциала и потоков парниковых газов которой оценивались как функция изменений антропогенного фактора. Поглощение (+)/(-) эмиссия CO_2 рассчитывались для экосистемы по изменениям запасов углерода с учетом его перераспределения в разрезе подкате-

горий (страт), эмиссия N_2O – по интенсивности поступления газа в атмосферу, на базе ниже представленных (в общем виде) линейных аналитических зависимостей 1-6, заимствованных из [4] и уравнения 7 из авторской разработки [2]:

$$\Delta C_{LU} = \sum \Delta C_{LU(i)}, \quad (1)$$

где, ΔC_{LU} – изменения запасов углерода для категории землепользования LU , т. $C/200$; i – конкретный слой, подкатегория (страта) в пределах категории (с любой комбинацией видов, почвенных разностей, типов растительности, режимов управления);

$$\Delta C_{LU(i)} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{SO}, \quad (2)$$

где $\Delta C_{LU(i)}$ – изменение запасов углерода для слоя, подкатегории пользования, т $C/год$; AB – биомасса надземная живая, BB – биомасса подземная живая, DW – мертвое органическое вещество, SO – минеральные почвы.

$$\Delta C = (C_{t1} - C_{t2}) / (t_1 - t_2), \quad (3)$$

где C – годовое изменение запасов углерода в резервуаре, т $C/год$, C_{t1} – запас углерода в резервуаре в год t_1 , т. C , C_{t2} – запас углерода в резервуаре в год t_2 , т. C ;

$$C_{GS(t)} = C_{EGS} * F_{LU} * F_M * F_F, \quad (4)$$

где $C_{GS(t)}$ – запас углерода в горизонте почвы 0...0,03 м в год t , т $C/га$, C_{EGS} – стандартная величина (эталон) запаса углерода в горизонте почвы 0...0,03 м с ненарушенной структурой, т $C/га$, F_{LU} – коэффициент влияния землепользования, безразмерная величина, F_M – коэффициент влияния режима управления, безразмерная величина, F_F – коэффициент дополнительного поступления, безразмерная величина;

$$C_{GS(t)} = 0.01G * V * K_1 * K_2 * (1 - K_3), \quad (5)$$

где $C_{GS(t)}$ – масса углерода в горизонте почвы 0...0,03 м на площади земли один гектар в год t , т $C/га$, G – содержание гумуса в горизонте почвы 0...0,03 м, %, V – объемная масса почвы в горизонте 0...0,03 м, т/м³, K_1 – объем почвенной массы на площади один гектар, м³/га, K_2 – содержание углерода в органическом веществе почвы, безразмерная величина, K_3 – наличие крупных фракций в почве, безразмерная величина;

Годовые выбросы N_2O :

$$N_2O = A * EF, \quad (6)$$

где A – данные о деятельности (площадь, количество остатков урожая, внесенных в почву удобрений и др. источники); EF – коэффициент выбросов для N_2O , т/единицу деятельности:

$$C_{GM} = (M_{EGAB} + M_{EGBB} + M_{EGDW}) * F_M * K_d, \quad (7)$$

где C_{GM} – запас углерода в резервуаре биомассы, т. С/га; M_{EGAB} – стандартная величина (эталон) наземной живой биомассы (AB), M_{EGBB} – эталон подземной живой биомассы (BB), M_{EGDW} – эталон мертвого органического вещества (DW) на восстановленный растительный покров, т. С/га; F_M – коэффициент влияния режима управления, безразмерная величина; K_d – содержание углерода в биомассе, безразмерная величина.

Параметры уравнений определялись (уточнялись) авторами предварительно [4, 5] на базе результатов полевых и лабораторных исследований, выполняемых в природных условиях РК.

В качестве исходной информации для расчета и контроля потоков CO_2 и других видов ПГ для категории «Возделываемые земли», привлекались данные по учету земель, их использованию в производстве, изменению качественного состояния и продуктивности, полученные за 1989... 2018 гг. в ведомственных структурах РК, которые на регулярной основе выполняют в стране системный мониторинг сельскохозяйственных угодий. В том числе использовались данные Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан (Комитет по управлению земельными ресурсами, Департамент производства и переработки растениеводческой продукции, РГУ «Республиканский научно-методический центр агрохимической службы»), а также Министерства цифрового развития и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан», Департамент земельного кадастра) и Министерства национальной экономики Республики Казахстан (Комитет по статистике).

Представление земель, их состояние. В соответствии с определением РП МГЭИК, 2006 [9], категория землепользования «Возделываемые земли» включает земли под культурами, в том числе рисовые поля, системы агро- и лесомелиорации, в которых показатели растительной структуры находятся ниже пороговых критериев, используемых для выделения категории лесной площади. В Республике Казахстан (далее РК) в категорию «Возделываемые земли» включаются земли сельскохозяйственного назначения, используемые под пашню, временно не возделываемые пахотнопригодные земли и многолетние насаждения.

Основные площади возделываемых земель в РК сосредоточены в северной половине территории на равнинах лесостепной и степной зоны с засушливым и сухим климатом и наиболее плодородными почвами – черноземами обыкновенными, черноземами южными, темнокаштановыми, каштановыми, а также в южной половине территории на предгорной равнине и низкогорьях сухостепной и степной зоны с сероземами светлыми, сероземами обыкновенными, предгорными темнокаштановыми и черноземными почвами (рис. 1). В поймах рек на лугово-сероземных и лугово-болотных почвах (южная половина Казахстана) и на лугово-черноземных, лугово-каштановых почвах сосредоточены основные массивы орошаемой пашни.

Динамика пашни и пахотнопригодных угодий РК представлена за 1989...2018 гг. в табл. 1, из которой видно, что возделываемые земли после 1990 г. претерпевали существенные изменения, связанные с изменениями экономических и социальных условий в сельском хозяйстве в период кризиса 90-ых годов. Небывалое сокращение площади пашни в севообороте: с 35 792 тыс. га (1989 г.) до 21399 тыс. га (2000 г.) сопровождалось ухудшением ее плодородия, что подтверждается результатами почвенных обследований сельскохозяйственных полей, выполняемых РГУ «РНМЦАС» МСХ РК (табл. 2), а также сведениями из других источников [1, 2, 5]. Из данных таблицы видно, что за последние 30 лет содержание гумуса в пахотном горизонте почвы (среднее на площадь обследования) сокращалось в РК на 30 %, т. е. на 1 % в год. Также сокращалось содержание азота и фосфора в почве на 20 % и на 14 %, т.е. на 0,8 % в год и на 0,5 % в год соответственно. Ухудшение почвенного плодородия на пашне РК с середины 90-тых годов, объясняется сокращением в десятки раз количества вносимых в почву минеральных и органических удобрений, уменьшением поступления в почву биологических остатков растений от урожая сельскохозяйственных культур, грубыми нарушениями зональных технологий и севооборотов. В итоге это вызвало ухудшение водно-физических и биохимических показателей почвы и активную минерализацию органического вещества в почве.

Таблица 1

Распределение и освоенность пахотнопригодных земель РК по природным зонам и типам почв* за 1988...2018 гг, млн. га

Типы и подтипы почв по природным зонам	Пахотно-пригодные земли	Динамика освоенности земель (в пашне)			
		1988 г.	2000 г.	2014 г.	2018 г.
Черноземы степной зоны, в т.ч. черноземы обыкновенные	16,8	14,5	-	-	-
Черноземы южные	8,0	7,1	-	6,04	6,07
Каштановые сухостепной зоны в т.ч. т. каштановые	8,8	7,4	-	5,24	5,36
Каштановые	27,0	15,1	-	-	-
Светлокаштановые полупустынной зоны	14,0	10,1	-	7,45	8,10
Бурые пустынной зоны, в т.ч. бурые	8,3	3,7	-	1,78	1,92
Серо - бурые	4,7	1,3	-	0,07	0,05
<i>Всего в широтных зонах</i>	9,1	0,5	-	-	-
Сероземы северные и южные пустынно-степной зоны	4,3	0,1	-	0,015	0,016
<i>Всего в высотных зонах</i>	4,8	0,4	-	0,19	0,21
<i>Итого</i>	52,9	30,1	-	21,03	23,35
	-	-	-	1,83	1,83
	8,3	5,5	-	3,85	2,46
	61,2	35,6	21,4	24,88	25,81

Примечание: * – использовались данные из источников [11,12].

В последнее десятилетие, несмотря на определенные изменения в управлении землей, содержание почвенного гумуса на пашне РК продолжало снижаться. В том числе, только за последние четыре года (2014...2018 гг.) содержание гумуса в почве по результатам обследования снизилось на 9 %, т. е. более чем на 2 % в год (табл. 2, рис. 2).

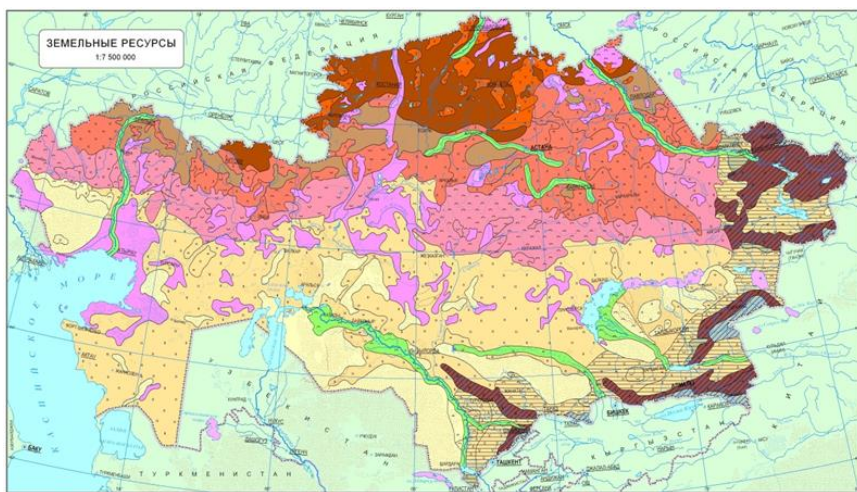








Рис. 1. Земельные ресурсы Республики Казахстан [6]. Земли преимущественно пахотнопригодные используемые под пашню, зональные группы:  – умеренно-засушливые и засушливые степные /черноземы обыкновенные и южные; тяжело-, средне и легкосуглинистые почвы и их комплексы с солонцами не более 30 %;  – сухостепные /темно-каштановые и каштановые почвы, частично светло-каштановые, легкосуглинистые и суглинистые;  – пустынно-степные подгорно-предгорные, степные предгорные и межгорные сероземы обыкновенные и серо-коричневые, темно-каштановые почвы и черноземы; Процент возможного использования земель под пашню:  20-25  25-30  30-35.

Таблица 2

Динамика гумуса, легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора в почве пахотных земель РК по результатам агрохимических обследований за 1989...2018 гг.

Год	Площадь обследования, тыс.га	Содержание в горизонте почвы 0...0,02 м (среднее на площадь обследования)			
		Гумуса, %	Легкогидролизуемого азота, мг/кг	Обменного фосфора, мг/кг	Калия, мг/кг
1989	-	4,29	45,3	22,5	516,6
2010	17 610	3,47	42,5	21,3	587,5
2014	17 341	3,27	36,6	19,4	621,0
2018	18 419	2,99	-	-	-

Примечание: Источник данных РГУ «РНМЦАС» МСХ РК.

При этом, как видно из анализа графика на рис. 2, содержание почвенного гумуса на пашне в разрезе административных областей на территории РК изменялось не однозначно.

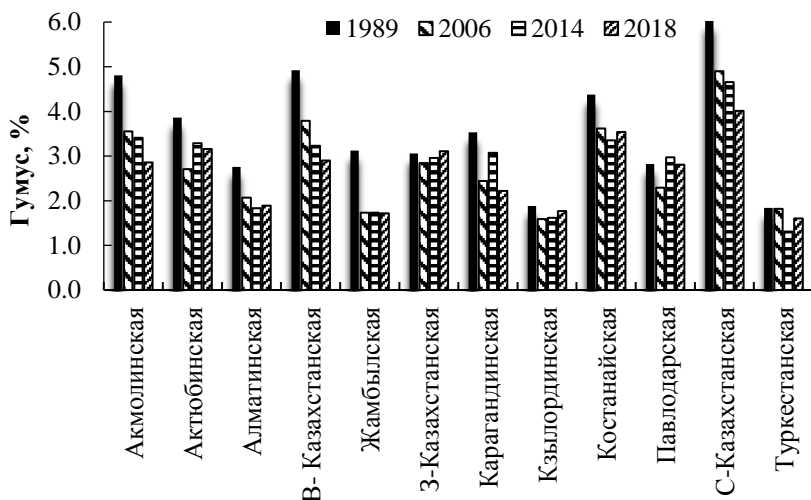


Рис. 2. Содержание почвенного гумуса на пашне (горизонт 0...0,03 м) в разрезе административных областей РК за 1989...2018 гг.

Наибольшее снижение содержания гумуса в почве (до 40 % в среднем на область), в сравнении с 1989 г., приходилось на северные области: Северо-Казахстанскую, Акмолинскую, также Восточно-Казахстанскую, с высокопродуктивными черноземными почвами. Наименьшее снижение содержания почвенного гумуса (до 8...9 % в среднем на область) отмечалось для южных областей – Туркестанской и Кзылординской, со значительным участием орошаемых земель относительно обеспеченных азотными удобрениями. Также незначительное снижение областного содержания гумуса в почве получено в среднем на области (Западно-Казахстанская, Павлодарской и другие), с низко продуктивными каштановыми и светло-каштановыми распаханнами почвами выведенных из севооборота.

Оценка национальных эмиссий (+) / поглощения (-) CO₂ для возделываемых земель (отчетность по РКИК ООН). Результаты оценки изменения запасов углерода и потоков CO₂ для категории землепользования «Возделываемые земли» РК за 1989...2017 (2018) гг. представлены в табл. 3, из которой видно, что тренд изменения общего запаса углерода для категории сохранял отрицательный знак на протяжении всего указанного периода.

Таблица 3

Запас накопленного углерода, рассчитанный* в разрезе резервуаров его накопления и подкатегорий пользования «Возделываемые земли» РК за 1990...2017 гг.

Подкатегория	Год	Площадь, млн.га	Запас углерода, т/га			Итого запас углерода, млрд.т.
			почва	фитомасса	МОВ	
Пашня в севообороте	1990	35,79	67,81	-	-	2,4140
	1995	31,97	67,00	-	-	2,1420
	2000	21,40	66,00	-	-	1,4120
	2009	21,40	59,37	-	-	1,2740
	2014	21,40	55,96	-	-	1,1980
	2017	21,40	54,37	-	-	1,1630
Пашня выведенная в пастбища и залежь	1990	0,18	67,81	0,33	0,25	0,0122
	1995	6,83	67,23	0,65	0,50	0,1995
	2000	14,39	68,07	0,49...1,30	0,98	0,9925
	2009	11,53	69,68	0,97...1,60	0,49...1,96	0,8381
	2014	11,00	69,86	1,62...2,20	0,94...2,20	0,8109
	2017	10,70	69,86	1,96...2,50	2,40	0,8423
Пашня возвращенная в севооборот	1990	-	-	-	-	-
	1995	-	-	-	-	-
	2000	-	-	-	-	-
	2009	2,86	68,07	-	-	0,1850
	2014	3,39	68,53	-	-	0,2220
	2017	3,70	68,53	-	-	0,2430
Многолетние насаждения	1990	0,16	69,86	6,67	-	0,0131
	1995	-	-	-	-	-
	2000	0,14	69,86	6,67	-	0,0099
	2009	0,14	69,86	6,67	-	0,0099
	2014	0,15	69,86	6,67	-	0,0112
	2014	0,15	69,86	6,67	-	0,0112

Примечание: * – в расчетах использовались данные по содержанию гумуса в пахотном горизонте почвы ГУ «РНПЦ агрохимическая служба» по типам почвы и пересчетом на горизонт 0...0,03 м.

Динамика углерода для отдельных страт экосистемы за 1989...2017 гг. наглядно представлена на рис. 3 и 4.

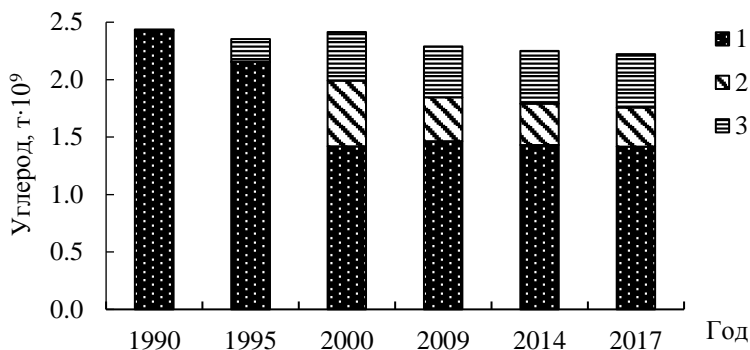


Рис. 3. Запас углерода для категории «Возделываемые земли» РК в разрезе подкатегорий пользования, рассчитанный за 1990...2017 гг. 1- пашня, остающаяся в севообороте и возвращенная в севооборот; 2- пашня, выведенная разово в залежь; 3- пашня, выведенная разово в пастбища.

В период после 2010 г. темпы снижения запаса почвенного углерода на пашне, остающейся в севообороте, корректировались углеродом, накопленным на участках пашни, возвращаемой в севооборот после их не продолжительного вывода в залежь.

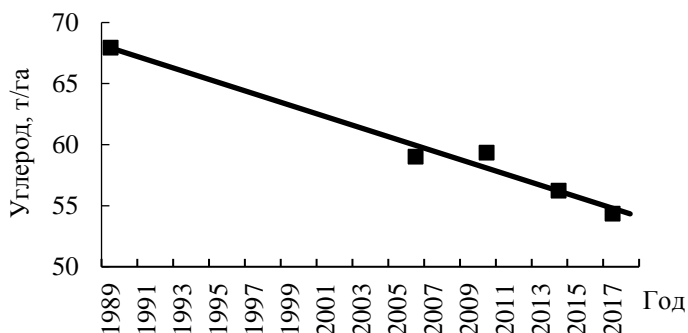


Рис. 4. Динамика запаса углерода для пашни РК, остающейся в севообороте по расчетам за 1989...2017 гг.

Суммарные потоки CO_2 для экосистемы «Возделываемые земли» РК, как эмиссии в атмосферу, представлены на рис. 5. В том числе за 2017 г. суммарные годовые выбросы CO_2 для экосистемы «Возделываемые земли» РК, как эмиссии в атмосферу, включая пашню, остающуюся в севообороте, пахотнопригодные земли, выведенные в залежь, как резерв возможного восстановления площади пашни, а также многолетние насаждения, состав-

ляли по расчетам 37 407 тыс.т. С учетом компенсирующего эффекта поглощения углерода на пахотнопригодных землях, выведенных в пастбища, суммарные выбросы CO_2 для экосистемы за 2017 г. получены на уровне 26 537 тыс.т.

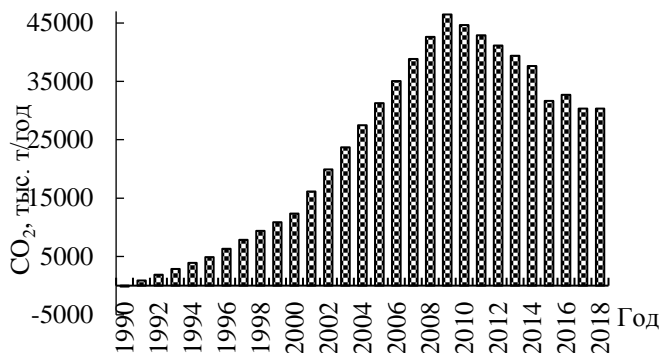


Рис. 5. Динамика суммарных потоков CO_2 для категории «Возделываемые земли» РК по расчетам за 1989...2017 гг.

Оценка эмиссии N_2O . Для возделываемых земель антропогенные выбросы N_2O из почвы определяются количеством азота (N), дополнительно поступающего в почву вместе с пожнивными остатками урожая культурных растений, вносимыми в почву минеральными азотными и органическими удобрениями, а также поступающего в процессе минерализации органического вещества. Расчеты потоков N_2O (прямые выбросы) выполнялись на базе аналитического выражения 7, коэффициентов из [5] и данных о сельскохозяйственной деятельности, собранных Комитетом по статистике МНЭ РК. О количестве выбросов для пахотных угодий за 1990...2018 гг. от дополнительно поступающего азота в почву можно судить по результатам расчетов, обобщенных в табл. 4 и наглядно представленных на рис. 6.

Из таблицы и рисунка видно, что за последние три десятилетия суммарные эмиссии N_2O из почвы пахотных земель, остающихся в севообороте от дополнительного поступления азота в почву, включая прямые и косвенные, изменялись значительно. Так, на начало 90-ых годов и ранее выбросы N_2O из почвы оставались на уровне 4768 тыс.т. в CO_2 эквиваленте. После 1990 г. в условиях снижения урожайности сельскохозяйственных культур, минимального внесения удобрений в почву эмиссии N_2O от дополнительно поступающего в почву азота уменьшались в 2...4 раза.

Таблица 4

Эмиссии N_2O рассчитанные от дополнительного поступление азота в почву пахотных земель РК за 1990...2018 гг.

Год	Прямые эмиссии N_2O , тыс.т.				Косвенные эмиссии N_2O , тыс.т.	Итого эмиссии тыс.т/год	
	Пожневные остатки	Минеральные удобрения	Органические удобрения	Минерализация ОВ		N_2O	в CO_2 эквиваленте
1990	4,36	5,79	3,57	1,00	2,40	17,12	5101,76
2000	1,62	0,11	1,34	11,26	1,35	15,68	4672,64
2010	1,86	0,52	1,98	22,20	2,47	29,03	8650,94
2015	2,85	1,29	1,96	18,13	2,36	26,59	7923,82
2018	2,99	1,16	2,10	15,33	2,19	23,77	7083,46

Вместе с тем, за счет резкого усиления темпов минерализации органического вещества в почве, общие эмиссии N_2O из почвы пахотных земель, остающихся в севообороте, возрастали в этот период более чем в 1,5 раза по сравнению с 1990 г. и достигали 8650,94 тыс.т. в CO_2 эквиваленте.

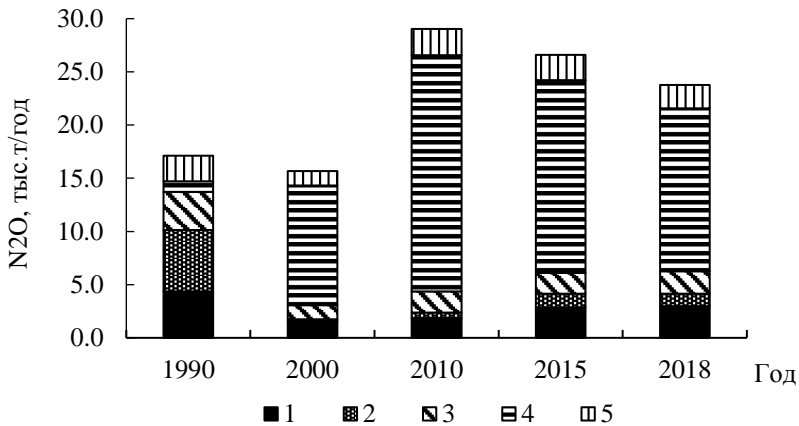


Рис. 6. Эмиссии N_2O для пахотных земель РК, рассчитанные в разрезе источников поступления азота в почву за 1990...2018 гг. 1- пожневные остатки; 2- минеральные удобрения; 3- органические удобрения; 4- минерализация органического вещества; 5- косвенные выбросы.

Оценка региональных эмиссий (+) / поглощения (-) CO₂ для пахотных земель, независимый контроль, согласованность информации.

В статье впервые на примере Акмолинской области представлены результаты оценки эмиссии (+) / поглощения (-) CO₂ для категории «Возделываемые земли», выполняемой на региональном уровне. О динамике использования земель на территории области за 1991...2018 гг. можно судить по сведениям в табл. 5.

Таблица 5

Использование пахотных и пахотнопригодных земель Акмолинской области* за 1990...2018 гг., тыс.га

Вид землепользования	1991 г.	2000 г.	2003 г.	2013 г.	2014 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Пашня в севообороте	6382	4532	5031	5489	5566	5800	5856	6032
Пашня, выведенная в залежь	-	1571	1052	765	715	530	483	360
Пашня, выведенная в пастбища	-	279	299	128	101	52	43	-

Примечание: * – по сведениям из источника [11].

Для региональной оценки ПГ по категории «Возделываемые земли» использовались данные по содержанию гумуса в почве полученные в процессе агрохимических обследований пахотных угодий, выполняемых РГУ «Республиканский научно-методический центр агрохимической службы» МСХ РК за 2006...2018 гг., в соответствии с Правилами проведения агрохимического обследования почв, 2015 г. [8]. Исходной земельной единицей для агрохимических обследований является элементарный участок земли площадью до 75 га (на орошаемой пашне до 10 га), представляемый объединенной пробой из 20...25 точечных проб, отобранных на глубину пахотного горизонта до 0,02 м, с последующим обобщением на уровне хозяйства, административного района, области, республики. Также для расчетов ПГ использовались данные по содержанию гумуса в почве в горизонтах 0...0,02 м и 0,03м, и по объемной массе почвы, получаемые в результате почвенных обследований сельскохозяйственных угодий. НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» МЦР и АКП РК, в соответствии с Правилами ведения мониторинга земель и пользования его данными в Республике Казахстан, 2003 г. [7]. Наблюдения осуществляются

на стационарных (СЭП) и полустационарных (ПСЭП) экологических площадках, составляющих государственную территориально-зональную сеть пунктов наблюдений.

Рассчитанные на различных пространственно-временных уровнях средние величины содержания гумуса в почвах РК, с использованием в комплексе результатов независимых обследований пахотных угодий на территории Акмолинской области, представлены в табл. 6. Анализ таблицы подтверждает устойчивую тенденцию снижения содержания гумуса в почве пахотных земель на территории области в период 2002...2018 гг. Полученные в результате агрохимических обследований пахотных земель и обобщенные в разрезе ландшафтов «площадные» показатели содержания гумуса в почве, достаточно согласуются с «точечными» данными содержания гумуса в почве, полученными на сети экологических площадок (СЭП и ПСЭП), организованных на территории области НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан».

Таблица 6

Содержание гумуса (%) в почвенном горизонте 0...0,03 м на пашне Акмолинской области за 1999...2018 гг. по результатам независимых обследований

Почва	Наблюдения на площадках	1999 г.	2003 г.	2006 г.	2008 г.	2013 г.		2018 г.	
		2*	2*	1*	2*	1*	2*	1*	2*
Черноземы обыкновенные	- (44)	-	4,89 (7)	5,15	4,36 (10)	5,00	4,10 (15)	4,16	3,90 (12)
Черноземы южные	- (92)	3,55 (5)	3,58 (8)	4,05	3,41 (19)	3,80	3,03 (25)	3,24	3,12 (35)
Темно-каштановые	- (115)	-	2,58(7)	3,34	2,76(3 1)	2,98	2,30(26)	2,42	2,17(5 1)
Каштановые	- (21)	-	2,28 (7)	2,78	2,40 (6)	2,66	-	2,25	1,90 (8)
Светло-каштановые	-	-	-	-	-	2,28	-	2,18	-
Область	(266)	(5)	(22)	3,55	(66)	3,41	(66)	2,86	(107)

Примечание: *1– агрохимические обследования РГУ «РНМЦАС» МСХ РК, *2- почвенные обследования НАО «Государственная корпорация «Правительство для граждан» МЦРАОП РК.

Рассчитанные в динамике запасы почвенного углерода для пахотных угодий Акмолинской области, с использованием данных по гумусу аг-

рохимических обследований, с пересчетом на горизонт 0...0,03 м по эмпирическим данным экологических площадок (табл. 7), подтверждают эффективность комплексного межведомственного подхода к оценке парниковых газов, связанных с землепользованием.

Таблица 7

Запасы почвенного углерода, рассчитанные в разрезе типов почвы для пахотных угодий Акмолинской области за 2002...2018 гг.

Почва	2002...2006 гг.			2007...2013 гг.			2014...2018 гг.		
	площадь, млн. га	гумус, %	углерод, т/га	площадь, млн. га	гумус, %	углерод, т/га	площадь, млн. га	гумус, %	углерод, т/га
Черноземы обыкновенные	0,36	4,93	89,11	0,46	4,78	86,40	0,59	3,98	71,94
Черноземы южные	0,62	3,81	70,60	0,65	3,58	66,34	1,34	3,05	56,11
Темнокаштановые	0,50	3,22	61,36	1,13	2,79	52,93	1,23	2,34	44,51
Каштановые	0,93	2,67	52,65	0,38	2,29	45,23	1,05	2,16	43,60
Светлокаштановые	-	-	-	0,15	1,87	38,15	1,02	1,79	36,52
Итого по области	2,42	-	64,71	2,77	-	59,76	4,31	-	51,93

Годовые изменения запасов углерода и эмиссии / поглощения CO₂ для категории землепользования «Возделываемые земли», рассчитанные в пределах административных границ Акмолинской области за 1989...2018 гг. представлены в табл. 8.

Как видно из анализа табл. 8, суммарные изменения запасов углерода и потоков CO₂ рассчитанные для категории землепользования «Возделываемые земли» в пределах административных границ Акмолинской области, достаточно согласуются с их трендами, полученными на национальном уровне.

Таблица 8

Запасы углерода и эмиссии (+) / поглощения (-) CO₂ для пахотных угодий
Акмолинской области за 1989...2018 гг.

Год	Пашня в сево- обороте		Пашня, выведенная из севооборота			Пашня и пахотнопригодные земли			
	Пло- щадь млн. га	Запас угле- рода в почве, т/га	Пло- щадь, млн.га	Запас угле- рода, т/га		Пло- щадь, млн.га	Изменение за- паса углерода, млн.т/год		Эмиссия (+) / по- глощение (-), млн.т/год CO ₂
				Почва	Био- масса		Почва	Био- масса	
1989	6,38	87,00	0,00	0,00	0,00	6,38	0,00	0,00	0,00
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	4,53	76,00	1,85	81,00	0,58	6,38	-5,54	0,097	19,26
2006	5,18	64,71	1,20	87,00	1,46	6,38	-6,87	0,139	23,40
2013	5,49	59,76	0,89	88,70	2,28	6,38	-5,89	0,151	19,57
2018	6,03	51,93	0,36	88,70	5,20	6,38	-6,39	0,250	21,57

Оценка деятельности по землепользованию, осуществляемой в соответствии с п. 3 и 4 Статьи 3 Киотского протокола. Анализ результатов оценки ПГ, связанных с землепользованием за 1990...2018 гг. показал, что участки пашни, выведенные разово из севооборота в пастбища и частично в залежь (земли запаса), можно выбрать как дополнительный вид деятельности, имеющий место после 1990 г., для представления отчетности РК по Киотскому протоколу в соответствии с п. 3, 4 Статьи 3 КП. О наличии резерва чистого поглощения углерода на землях в составе категории «Возделываемые земли» можно судить по динамике запаса углерода, представленной в вышеприведенной табл. 3. Выполненная оценка деятельности, связанная с умеренным пастбищным использованием бывших пахотных земель, подтверждает возможность поглощения CO₂ новой экосистемой в период до 2020 г. и возможность получения дополнительных единиц абсорбции для зачисления их в резерв выполнения принятых РК обязательств по Киотскому протоколу на второй период (2013...2020 гг.). Рассчитанное предварительно в рамках административных границ РК суммарное чистое поглощение от деятельности на бывших пахотных землях за 2013...2018 гг. составляет 61 398 тыс. т CO₂.

Вместе с тем, следует отметить, что при подготовке дополнительной отчетности по землепользованию, согласно п. 3 и 4 Статьи 3 Киотского протокола, в соответствии с Руководящими указаниями МГЭИК 2003, 2012

[10, 13], требуется улучшенное представление земель с привязкой результатов оценки деятельности к местности, а также обеспечение контроля результатов с привлечением независимых данных. Такое представление земель и контроль оценки деятельности по землепользованию, осуществляемой согласно п.4 Статьи 3 Киотского протокола, можно обеспечить путем использования в расчетах комплекса данных независимых обследований сельскохозяйственных угодий на региональном уровне, показанного на примере Акмолинской области.

Выводы:

1. Выполненные исследования показали, что для категории «Возделываемые земли» антропогенные выбросы/поглощения CO_2 и других видов парниковых газов определяются комплексом факторов: объемом продукции, получаемой в процессе производства, агротехническим уровнем обработки почвы, количеством внесенных в почву удобрений, применением почвозащитных агротехнологий, а также тем, в какой мере оптимизирована структура земельных площадей, включая земли подвергаемые интенсивной обработке, сохраняемые в ненарушенном их состоянии или восстанавливаемые после интенсивного пользования.

2. В новом тысячелетии в условиях заметного роста валовой продукции растениеводства в РК, которая увеличивалась в 4...5 раз по сравнению с 2000 г., возрастающих объемов вносимых в почву минеральных удобрений (до 100 тыс.т. и более) и улучшаемого управления землей, содержание почвенного гумуса на пашне по результатам регулярных почвенных обследований, тем не менее, продолжало снижаться. По мнению специалистов, такое затянувшееся на длительный период несбалансированное состояние пашни как агро-экосистемы, по гумусу и по другим показателям почвенного плодородия, можно объяснить достаточной нарушенностью биологических и биохимических связей в экосистеме, которые повлекли снижение потенциала ее углеродопоглощения, отсюда уменьшение запаса углерода и общее снижение экологической устойчивости. В сложившейся ситуации тренд изменений запасов углерода для категории «Возделываемые земли» сохранял отрицательный знак на всем протяжении периода лет 1990...2018 гг. за счет стабильного снижения запаса почвенного углерода на пашне, остающейся в севообороте. В последнее пятилетие расчеты потоков углекислого газа (CO_2) для категории землепользования подтверждают определенное снижение годовых темпов эмиссии CO_2 в атмосферу, однако до 2020 г. вероятность сохранения эмиссии для экосистемы остается.

3. В последние десятилетия, в условиях резкого снижения агротехнического уровня обработки почвы, эмиссии закиси азота (N_2O) от дополнительного поступления азота в почву вместе с остатками урожая и удобрениями уменьшались по расчетам в 2...4 раза по сравнению с 1990 г. Вместе с тем, общие эмиссии N_2O из почвы пахотных земель, остающихся в севообороте, даже при сокращении их площади на 40 %, возросли более чем в 1,5 раза по сравнению с 1990 г. за счет усиления темпов минерализации органического вещества в почве.

4. Содержание почвенного гумуса на пашне РК в разрезе административных областей изменялось по результатам почвенных обследований не однозначно. Наибольшее снижение содержания гумуса в сравнении с 1989 г., приходилось на северные области с высокопродуктивными черноземными почвами. Рассчитанные за 1989... 2018 гг. в пределах административных границ Акмолинской области для категории землепользования «Возделываемые земли» суммарные изменения запасов углерода и потоков CO_2 согласуются с их трендами, полученными на национальном уровне.

5. Использование в согласованности результатов независимых почвенных обследований сельскохозяйственных угодий, выполняемых на ландшафтном уровне различными ведомствами на территории РК, улучшает перспективу улучшения отчетности по инвентаризации парниковых газов, сектор землепользования, предоставляемой по РКИК ООН и получения необходимой информации для дополнительной отчетности по Киотскому протоколу в соответствии со Статьей 3 п.п. 3, 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базильжанов Е. К. Состояние пахотных угодий Казахстана // Земельные ресурсы Казахстана. – 2011. – № 2 (65). – С.16-18.
2. Васильченко Н. И., Звягин Г. А. Современное состояние пахотных темно- каштановых почв Северного Казахстана и мероприятия по их улучшению // Матер. междунар. научно- практ. конф. «Рациональное использование почвенных ресурсов и их экология». – Алматы, 2012. – С. 62 – 66.
3. Лебедь Л. В., Иорганский А. И. К зональному распределению почвенного углерода в Казахстане // Гидрометеорология и Экология. – 2014. – № 1. – С.132-143.

4. Лебедь Л.В. Опустынивание пастбищ и динамика углеродопоглощения в условиях экстенсивного землепользования в Казахстане // Матер. 1-ой Междунар. научно-практ. конфер. "Опустынивание Центральной Азии: оценка, прогноз, управление", Астана, Казахстан, 25-27 сентября 2014 г. – С.325- 332.
5. Лебедь Л.В., Есеркепова И. Б., Иорганский А. И., Кошен Б. М., Рамазанова С. Б., Царева Е. Г. Динамика парниковых газов для пахотных угодий в Казахстане // Почвоведение и Агрехимия. – 2015. – № 1. – С. 28- 42.
6. Национальный атлас Республики Казахстан. - Том 1. Природные ресурсы и условия. – Алматы, 2006. – 95с.
7. Правила ведения мониторинга земель и пользования его данными в Республике Казахстан. Утверждены Постановлением Правительства Республики Казахстан от 19 сентября 2003 г., № 956. – 30 с.
8. Правила проведения агрохимических обследований почв. Утверждены И. о. Министра сельского хозяйства РК от 27 февраля 2015 года, № 41/147. – 15 с.
9. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, т. 4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования, МГЭИК, 2006 [Электр. ресурс]. URL:<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html> (дата обращения: 25.05.2019).
10. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства /Глава 4. Дополнительные методы и руководящие указания по эффективной практике, вытекающие из Киотского протокола. МГЭИК, 2003[Электронный ресурс]. URL:<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp-glucf/russian/ch4.pdf> (дата обращения: 25.05.2019).
11. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2016-2017 годы, Астана, 2018. – 290 с.
12. Фаизов К.Ш., Кененбаев С. Б., Мамутов Ж. У., Есимбеков М. Б. География и экология почв Казахстана. — Алматы: ТОО «Алейрон», 2006. – 348 с.
13. NFCCC. 2008. Kyoto Protocol / Reference Manual on Accounting of Emissions and Assigned Amount. 2008.– 104 p.

Поступила 25.05.2019

Геогр. ғылым. канд

Геогр. ғылым. канд

Ауыл шаруаш. ғылым. канд.

Лебедь Л.В.

Есеркепова И.Б.

Атабаев М.А.

Васильченко Н.И.

Токпаев З.Р.

ПАРНИКТІ ГАЗДАРДЫ ЕСЕПКЕ АЛУ ҰЛТТЫҚ ЖҮЙЕСІНДЕГІ ӨНДЕЛГЕН ЖЕРЛЕРДІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІ

Түйін сөздер: парникті газдар, өңделген жерлер, жер пайдалану, эмиссия/жұтылу, ұлттық есепке алу жүйесі

Парникті газдарды ұлттық есепке алу жүйесін дамыту және агроэкожүйесінің экологиялық тұрақтылығы мәселесін жақсарту аясында жер пайдалану категориясы бойынша «1989...2018 жылдардағы (оның ішінде соңғы онжылдықтағы) өңделген жерлер» эмиссия арының /көмірқышқыл газының (CO₂) және азот оксидінің (N₂O) жұтылуын бағалау орындалды.

L.V. Lebed, I.B. Yesserkepova, M.A. Atabayev, N.I. Vassilchenko,
Z.R. Tokpayev

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE CULTIVATED LANDS IN THE NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORY SYSTEM

Key words: Greenhouse gases, land use, cultivated land, emissions/removals, national inventory system

The assessment of carbon dioxide (CO₂) and nitrous dioxide (N₂O) emission/absorption in the category of “Cultivate lands” for the 1989...2018 years including the last decade in the framework of national greenhouse gas inventory improvements and for the development of environmental sustainability issues were implemented.